bvj

MAX

2 B

VWO|GYMNASIUM

Biologie voor jou

NAAM EN KLAS:

.....

MALMBERG

bvj

2 VWO|GYMNASIUM deel B

Biologie voor jou

Biologie voor de onderbouw

Eindredactie
Tom Tahey

Auteurs
Daniël van Draanen
Marianne Gommers
Arthur Jansen
Judith Korhorn
Rob Melchers
Hans Rawee

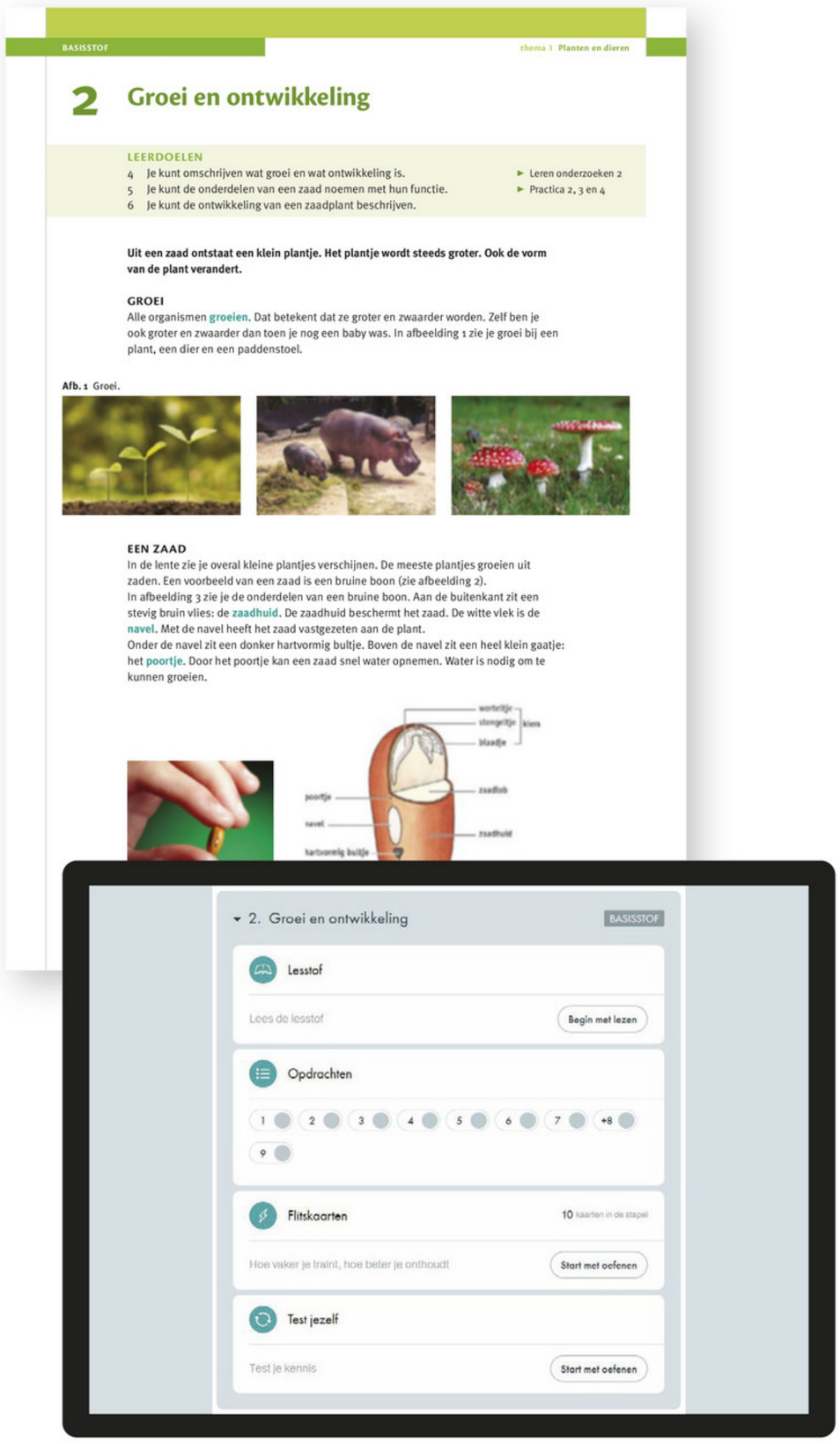
Met medewerking van
Arteunis Bos
Onno Kalverda

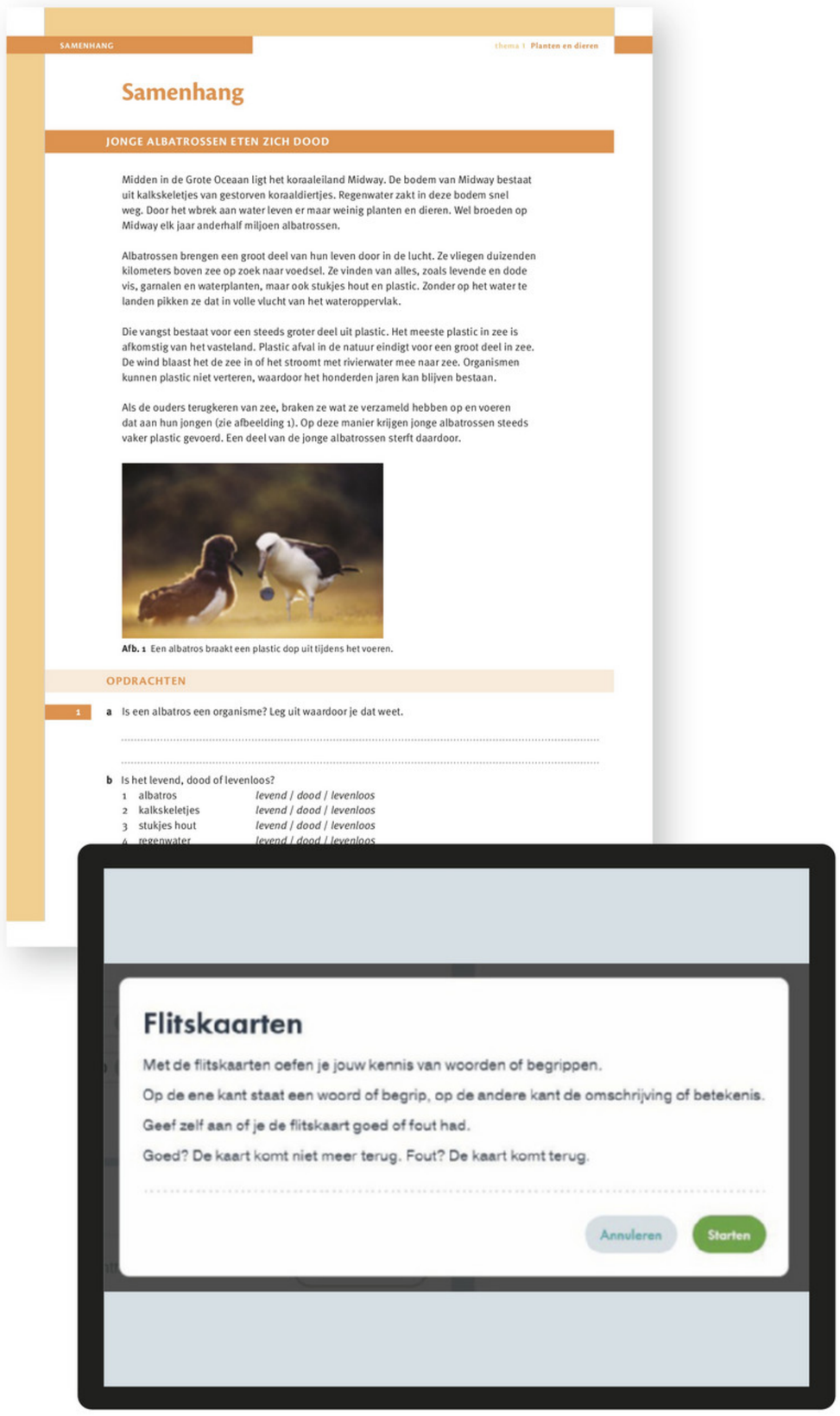
MAX Release 8.1

www.biologievoorjou.nl
Malmberg, 's-Hertogenbosch

Aan de slag met *Biologie voor jou*

Biologie is overal om je heen. Met *Biologie voor jou* heb je alles binnen handbereik om dit te ervaren, te beleven en te ontdekken! Je leert waar het vak biologie om draait, waarom het belangrijk is en wat je ermee kunt.





Werk in je boek én online!

Er zijn twee boeken per leerjaar en een online leeromgeving. Je docent kiest wat je online doet (met laptop, tablet of telefoon) en wat in je boek.
Elk thema is verdeeld in basisstof, extra stof, onderzoek en afsluiting. Vooraan staat steeds met leerdoelen aangegeven wat je gaat leren. De extra stof maak je als je meer wilt weten, nieuwsgierig bent of tijd over hebt. In het onderdeel onderzoek leer je onderzoeken en ga je met practica aan de slag.

Voordelen van online

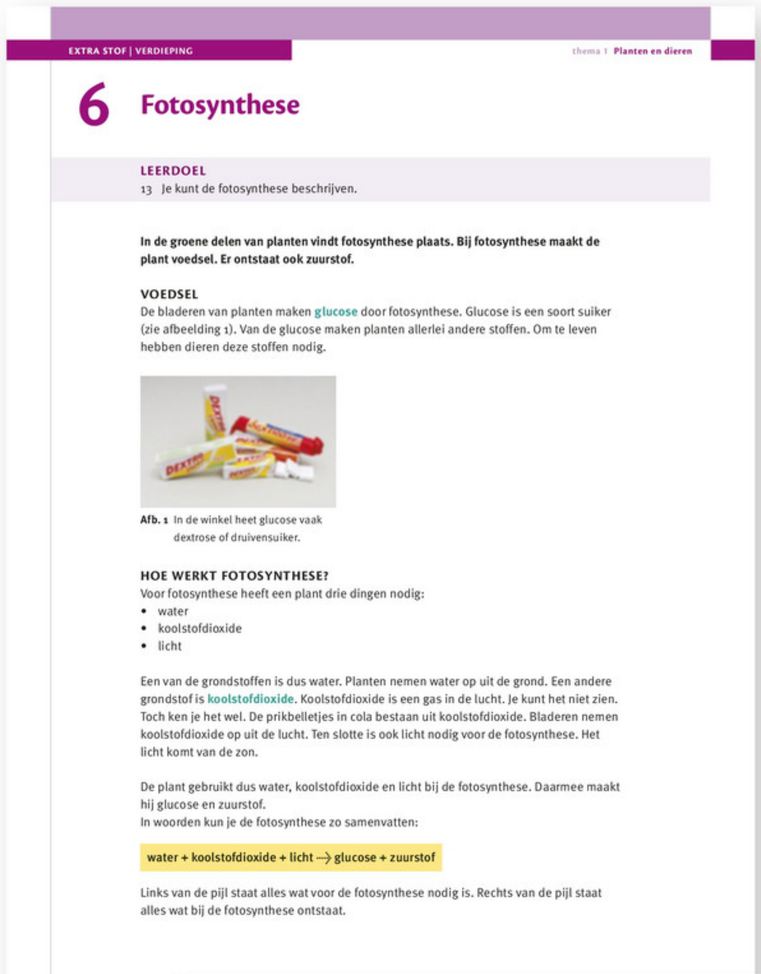
- Je ziet snel wat je goed of fout doet.
- Je krijgt direct feedback op je antwoorden.
- Je bekijkt filmpjes en animaties die bij de theorie aansluiten.
- Je leert de begrippen en overhoort jezelf met de flitskaarten.
- Je meet of je de stof beheerst met de test jezelf, oefentoets of diagnostische toets.
- Je kunt op een hoger of lager niveau en leerjaar werken.
- Je docent volgt hoe het met je gaat.

Samenhang

Aan het einde van elke basisstof én na alle basisstoffen is er een onderdeel samenhang. Deze staan in een oranje kader. Met de samenhang ontdek je hoe de leerstof van belang is in de wereld om je heen. Ook leer je verbanden te zien tussen de informatie uit verschillende basisstoffen.

Goede voorbereiding op de toets!

Een thema eindigt met een afsluiting (samenvatting). In de online leeromgeving vind je hier ook **flitskaarten** voor het leren van alle begrippen en er is een **diagnostische toets**. Twijfel je of je de stof voldoende beheerst? Maak dan de **test jezelf** of **oefentoets**.



EXTRA STOF | VERDIEPING

thema 1 Planten en dieren

6 Fotosynthese

LEERDOEL
13 Je kunt de fotosynthese beschrijven.

In de groene delen van planten vindt fotosynthese plaats. Bij fotosynthese maakt de plant voedsel. Er ontstaat ook zuurstof.

VOEDSEL
De bladeren van planten maken **glucose** door fotosynthese. Glucose is een soort suiker (zie afbeelding 1). Van de glucose maken planten allerlei andere stoffen. Om te leven hebben dieren deze stoffen nodig.

Afb. 1 In de winkel heet glucose vaak dextrose of druivensuiker.

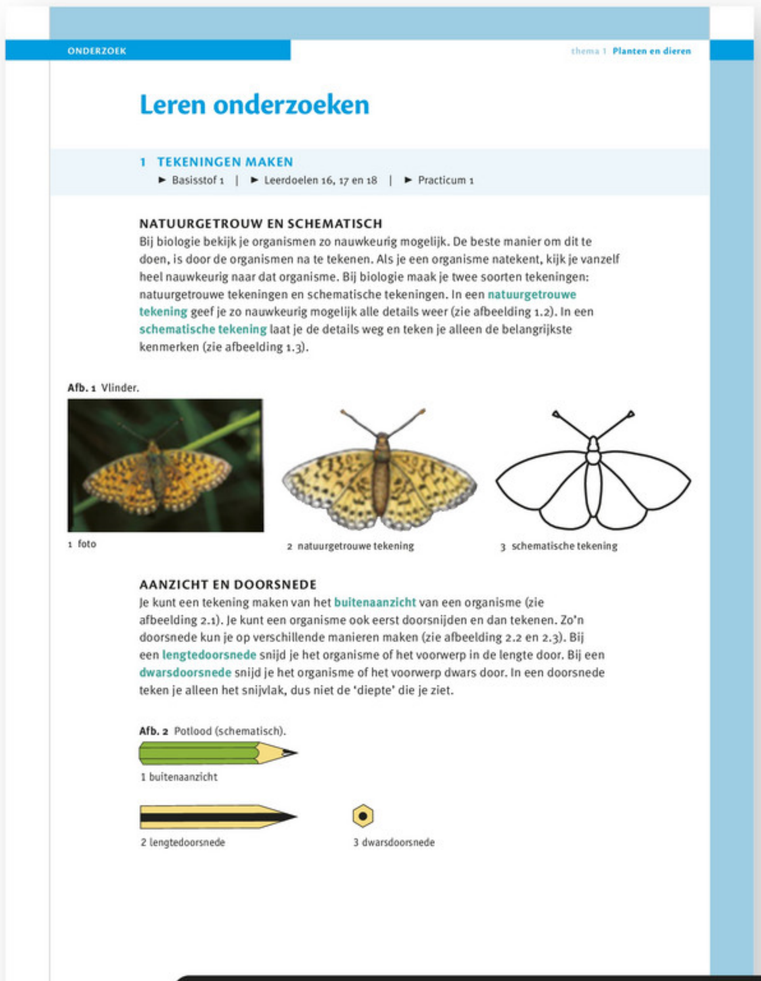
HOE WERKT FOTOSYNTHESE?
Voor fotosynthese heeft een plant drie dingen nodig:
- water
- koolstofdioxide
- licht

Een van de grondstoffen is dus water. Planten nemen water op uit de grond. Een andere grondstof is **koolstofdioxide**. Koolstofdioxide is een gas in de lucht. Je kunt het niet zien. Toch ken je het wel. De prikbelletjes in cola bestaan uit koolstofdioxide. Bladeren nemen koolstofdioxide op uit de lucht. Ten slotte is ook licht nodig voor de fotosynthese. Het licht komt van de zon.

De plant gebruikt dus water, koolstofdioxide en licht bij de fotosynthese. Daarmee maakt hij glucose en zuurstof.
In woorden kun je de fotosynthese zo samenvatten:

water + koolstofdioxide + licht → glucose + zuurstof

Links van de pijl staat alles wat voor de fotosynthese nodig is. Rechts van de pijl staat alles wat bij de fotosynthese ontstaat.



ONDERZOEK

thema 1 Planten en dieren

Leren onderzoeken

1 TEKENINGEN MAKEN
► Basisstof 1 | ► Leerdoelen 16, 17 en 18 | ► Practicum 1

NATUURGETROUW EN SCHEMATISCH
Bij biologie bekijk je organismen zo nauwkeurig mogelijk. De beste manier om dit te doen, is door de organismen na te tekenen. Als je een organisme natekent, kijk je vanzelf heel nauwkeurig naar dat organisme. Bij biologie maak je twee soorten tekeningen: natuurgetrouwe tekeningen en schematische tekeningen. In een **natuurgetrouwe tekening** geef je zo nauwkeurig mogelijk alle details weer (zie afbeelding 1.2). In een **schematische tekening** laat je de details weg en teken je alleen de belangrijkste kenmerken (zie afbeelding 1.3).

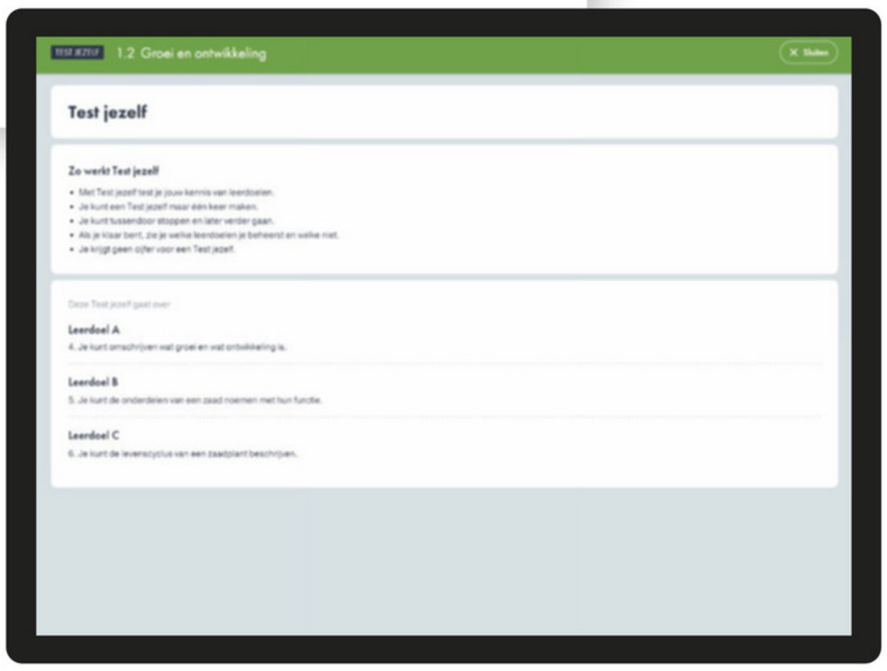
Afb. 1 Vlinder.

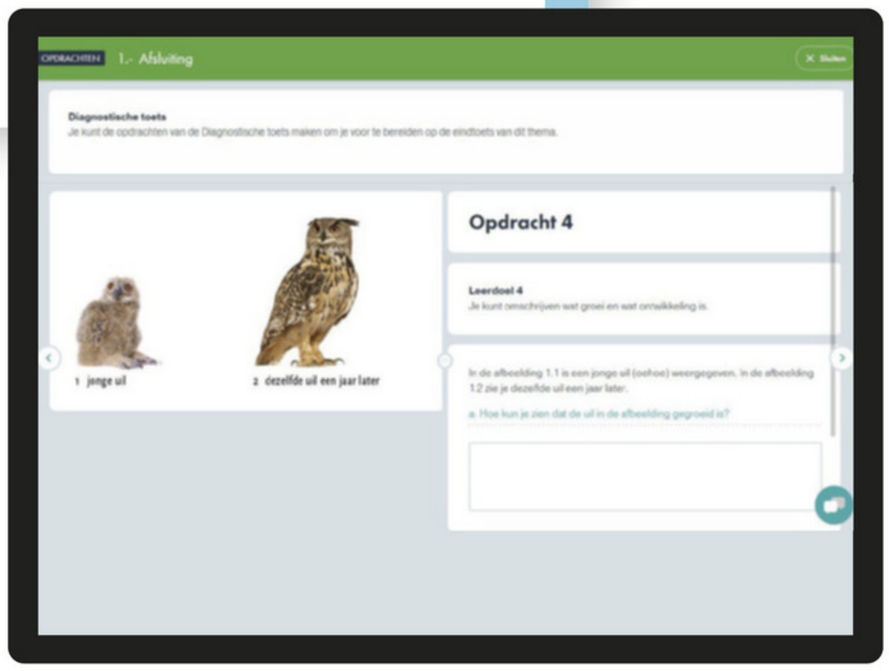
1 foto 2 natuurgetrouwe tekening 3 schematische tekening

AANZICHT EN DOORSNEDE
Je kunt een tekening maken van het **buitenaanzicht** van een organisme (zie afbeelding 2.1). Je kunt een organisme ook eerst doorsnijden en dan tekenen. Zo'n doorsnede kun je op verschillende manieren maken (zie afbeelding 2.2 en 2.3). Bij een **lengtedoorsnede** snijd je het organisme of het voorwerp in de lengte door. Bij een **dwarsdoorsnede** snijd je het organisme of het voorwerp dwars door. In een doorsnede teken je alleen het snijvlak, dus niet de 'diepte' die je ziet.

Afb. 2 Potlood (schematisch).

1 buitenaanzicht 2 lengtedoorsnede 3 dwarsdoorsnede





Voordelen van het boek

- Je hebt snel overzicht in wat je gaat leren.
- Je leest lange teksten op papier.
- Je markeert in de tekst en maakt aantekeningen.
- Je tekent en kleurt zodat je leerstof goed onthoudt.

Betekenis symbolen

Deze opdracht maak je het best in je boek.

Ga naar de online leeromgeving voor handige extra's.

Met dit practicum ben je zó lang bezig.

Deze opdracht biedt extra uitdaging.

Inhoud

DEEL 2A

Thema 1
Verbranding en ademhaling

BASISSTOF

1 Stofwisseling
2 Verbranding
3 Het ademhalingsstelsel
4 Ademhalen
5 Gezonde luchtwegen
6 Ademhaling bij dieren

Samenhang:
Zo relaxed als een roze zeepad

EXTRA STOF

7 Roken en blowen
8 De stembanden

ONDERZOEK

Leren onderzoeken
Practica

AFSLUITING

Samenvatting
Diagnostische toets

Thema 2
Voeding en vertering

BASISSTOF

1 Voedingsmiddelen en voedingsstoffen
2 Het verteringsstelsel
3 De organen voor vertering
4 Gezonde voeding
5 Voedselbederf
6 Voeding en vertering bij zoogdieren

Samenhang:
Vliegenlarven voor je viervoeter

EXTRA STOF

7 Nadenken over eten
8 Productinformatie

ONDERZOEK

Leren onderzoeken
Practica

AFSLUITING

Samenvatting
Diagnostische toets

Thema 3
De bloedsomloop

BASISSTOF

1 Bloed
2 De bloedsomloop
3 Het hart
4 Uitscheiding
5 Het immuunsysteem
6 Gezond leven

Samenhang:
Rennen voor de reuzenteek!

EXTRA STOF

7 Weefselvloeistof en lymfe
8 Bloedgroepen

ONDERZOEK

Leren onderzoeken
Practica

AFSLUITING

Samenvatting
Diagnostische toets

Inhoud

DEEL 2B

Thema 4 Voortplanting en seksualiteit

BASISSTOF

1 De puberteit 8
2 Een vrouw 17
3 Een man 30
4 Seks enzo 39
5 Veilig vrijen 49
6 Zwangerschap 61
Samenhang: *Kangoeroeën voor knuffelhormoon* 72

EXTRA STOF

7 Meer voorbehoedsmiddelen 75
8 De geboorte 78

ONDERZOEK

Leren onderzoeken 83
Practica 90

AFSLUITING

Samenvatting 93
Diagnostische toets

Thema 5 Erfelijkheid en evolutie

BASISSTOF

1 Genotype en fenotype 102
2 Chromosomen 110
3 Genen en allelen 119
4 Transcriptie 128
5 De evolutietheorie 134
6 Geschiedenis van het leven op aarde 143
7 DNA-technieken 154
Samenhang: *Bruine anolis ziet wit van crispr* 165

EXTRA STOF

8 Dominant en recessief 168
9 Kruisingen 172

ONDERZOEK

Leren onderzoeken 177
Practica 179

AFSLUITING

Samenvatting 184
Diagnostische toets

Thema 6 Ecologie en duurzaamheid

BASISSTOF

1 Organismen en hun omgeving 192
2 Voedselrelaties en kringlopen 205
3 Samenleven 218
4 Natuurbeheer 227
5 Mens en milieu 237
6 Duurzaamheid 248
Samenhang: *De pest aan de rode rivierkreeft* 258

EXTRA STOF

7 Energiestroom in een ecosysteem 262
8 Voedselproductie 265

ONDERZOEK

Leren onderzoeken 271
Practica 277

AFSLUITING

Samenvatting 287
Diagnostische toets

PROJECT

Zorgen voor de toekomst 294

Register 296
Colofon 299

4 Voortplanting en seksualiteit

Ongeveer na je 10e verjaardag begint je lichaam te veranderen. Seksualiteit gaat een rol spelen in je leven. Een jongen krijgt zijn eerste zaadlozing en een meisje wordt voor het eerst ongesteld.

BASISSTOF

1 De puberteit 8
2 Een vrouw 17
3 Een man 30
4 Seks enzo 39
5 Veilig vrijen 49
6 Zwangerschap 61
Samenhang 72
Kangoeroeën voor knuffelhormoon

EXTRA STOF

7 Meer voorbehoedsmiddelen 75
8 De geboorte 78

ONDERZOEK

Leren onderzoeken 83
Practica 90

AFSLUITING

Samenvatting 93
Diagnostische toets

1 De puberteit

LEERDOELEN

4.1.1 Je kunt primaire en secundaire geslachtskenmerken noemen.
4.1.2 Je kunt de lichamelijke en geestelijke veranderingen in de puberteit beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	4.1.1	4.1.2	5.5.11**
Onthouden	1abc	3	
Begrijpen	1d, 4	2, 4	
Toepassen	5, 6a	7a, 8, 10bce	
Analyseren	6bc, 9e	7b, 9acde, 10ad	9b

** Dit leerdoel vind je in een ander thema.

Mensen verschillen erg van elkaar. Mannen zien er meestal anders uit dan vrouwen, jongens anders dan meisjes. Maar ook tussen twee jongens of twee meisjes zijn er allerlei verschillen.

GESLACHTSKENMERKEN

Als een baby is geboren, zie je meestal meteen of het een jongetje of een meisje is. Dat noem je het **geslacht** of de **sekse** van de baby. De lichamelijke kenmerken waaraan je het geslacht herkent, noem je **geslachtskenmerken**. De geslachtskenmerken die al bij de geboorte aanwezig zijn, heten **primaire geslachtskenmerken**. In afbeelding 1 zie je de primaire geslachtskenmerken:

- Een jongetje herken je aan zijn penis en zijn balzak.
- Een meisje herken je aan haar vulva (schaamlippen, clitoris en opening van de vagina).

Een enkele keer is aan de buitenkant niet meteen te zien of de baby een jongen of een meisje is. Dat gebeurt in Nederland gemiddeld één keer per week. De baby heeft dan zowel mannelijke als vrouwelijke geslachtskenmerken, of de geslachtskenmerken verschillen van de norm. Dit noem je **intersekse**. Soms blijkt pas in de puberteit dat een persoon intersekse is.

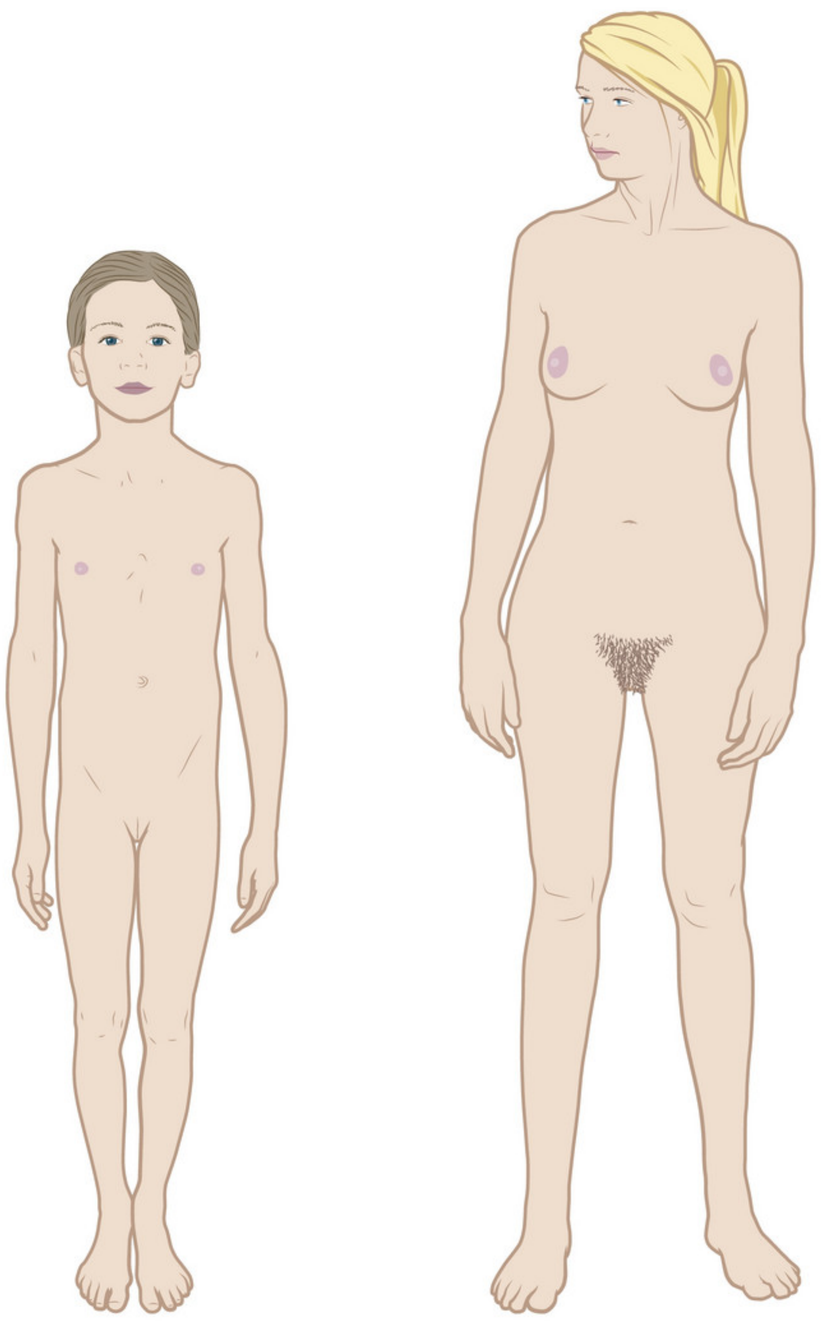
Ongeveer na je 10e verjaardag vinden er veranderingen in je lichaam plaats. Gemiddeld komen jongeren in hun 12e levensjaar in de **puberteit**. In de puberteit verander je lichamelijk, geestelijk en sociaal.

Afb. 1 Primaire geslachtskenmerken zijn al bij de geboorte aanwezig.

LICHAMELIJKE VERANDERINGEN

Sommige **lichamelijke veranderingen** kun je aan jezelf zien. Bijvoorbeeld dat je op ongeveer 12-jarige leeftijd snel begint te groeien (de groeispurt). Veel jongeren krijgen haar onder hun oksels (okselhaar) en rond hun geslachtsorganen (schaamhaar). Andere lichamelijke veranderingen kun je niet aan jezelf zien. Bijvoorbeeld dat zich in je lichaam je voortplantingsorganen ontwikkelen.
De geslachtskenmerken die in de puberteit ontstaan, heten **secundaire geslachtskenmerken**. In afbeelding 2 zie je een vrouw die rondere lichaamsvormen heeft dan een meisje. De vrouw heeft in de puberteit borsten en bredere heupen gekregen.
In afbeelding 3 zie je de secundaire geslachtskenmerken bij een man. De volwassen man heeft een meer gespierde lichaamsbouw dan de jongen. In de puberteit heeft hij baardgroei en borsthaar gekregen. Ook is zijn stem lager geworden (‘de baard in de keel’). Schaamhaar groeit in de puberteit zowel bij vrouwen als bij mannen. Omdat de vorm ervan verschilt, kun je het toch een secundair geslachtskenmerk noemen.

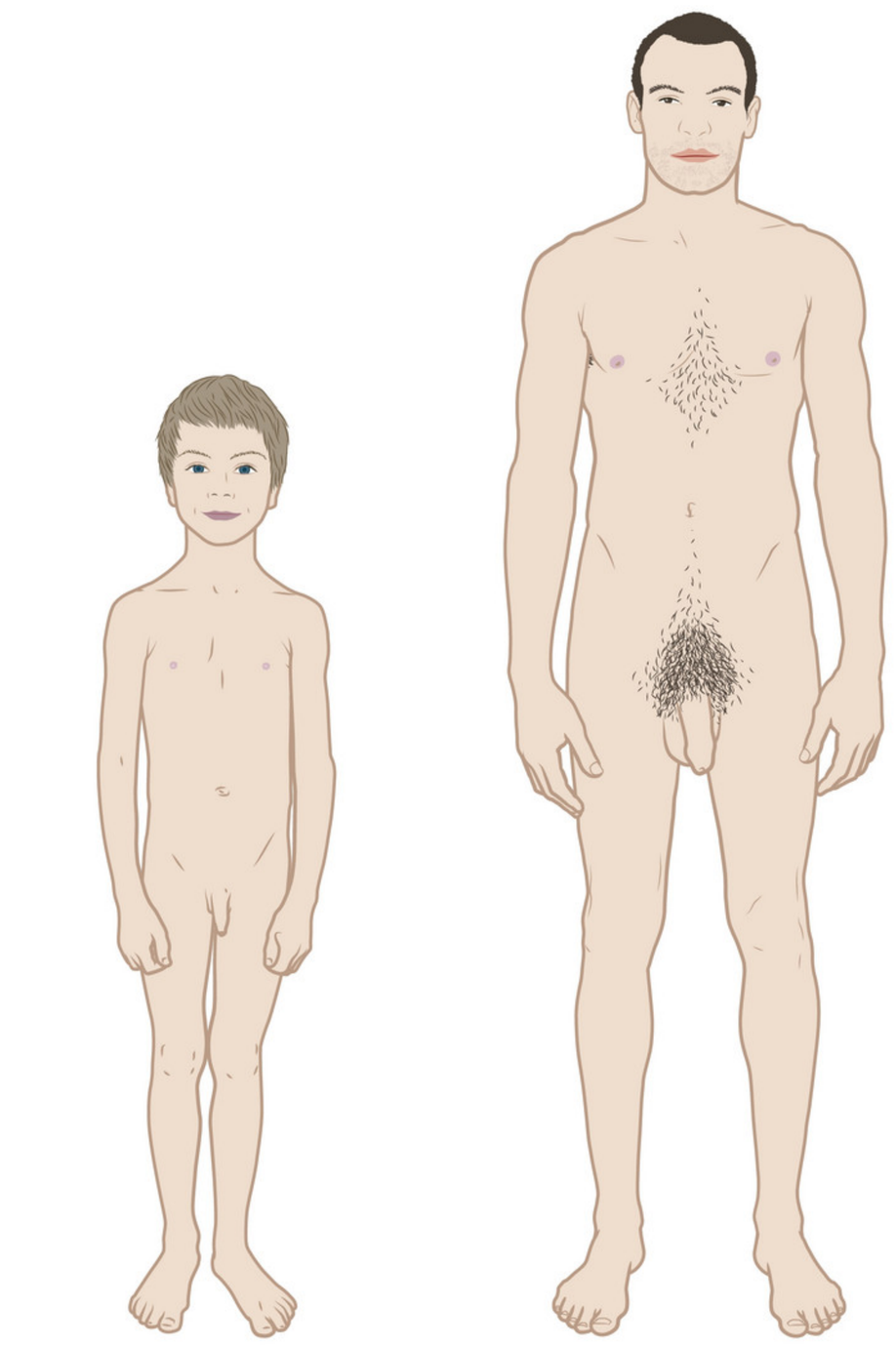
Afb. 2 Geslachtskenmerken bij een vrouw.



1 primaire geslachtskenmerken bij een meisje

2 secundaire geslachtskenmerken bij een vrouw

Afb. 3 Geslachtskenmerken bij een man.



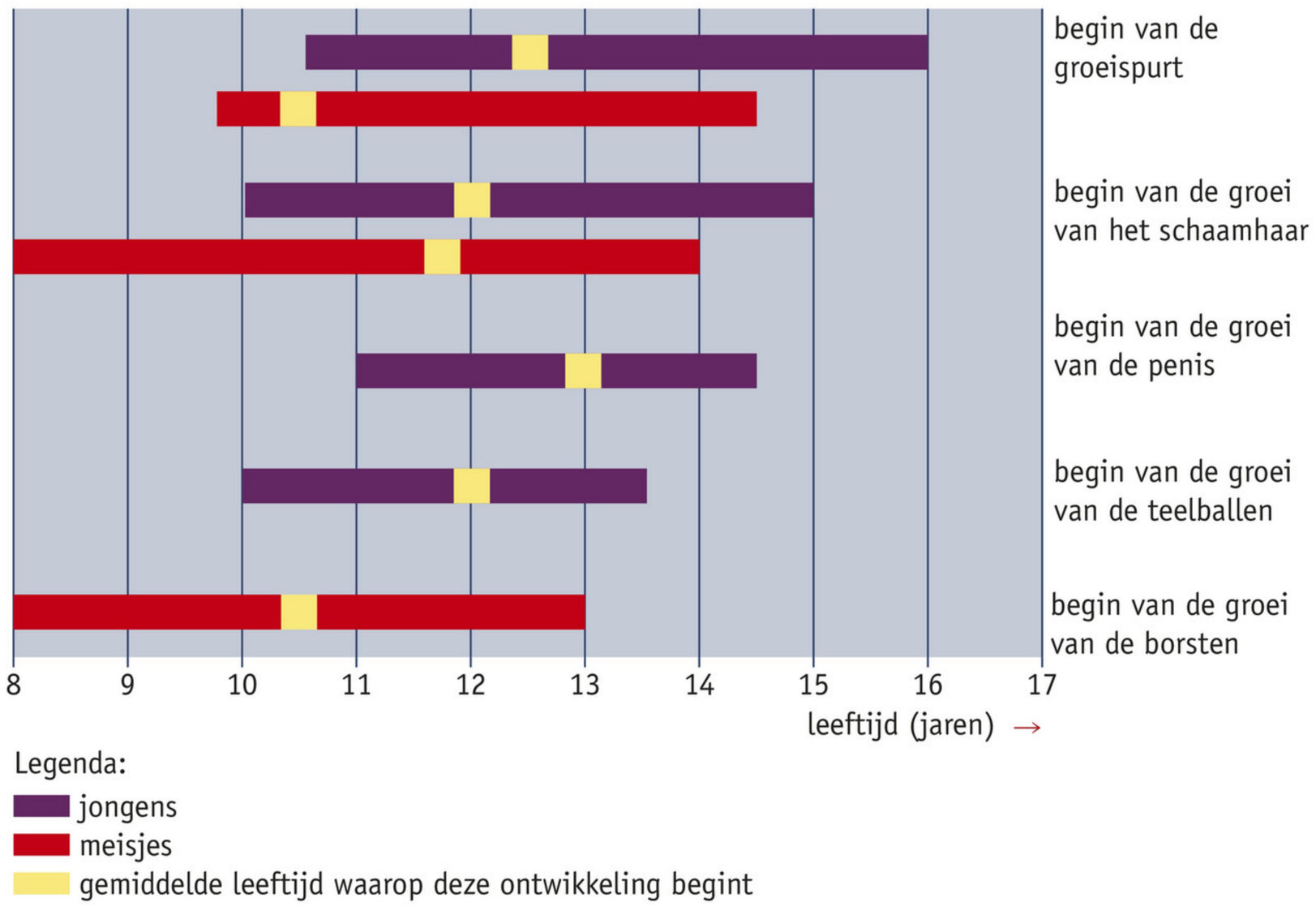
1 primaire geslachtskenmerken bij een jongen

2 secundaire geslachtskenmerken bij een man

JE EIGEN TEMPO, JE EIGEN LIJF

De lichamelijke veranderingen in de puberteit komen niet allemaal tegelijk. Sommige veranderingen komen vroeg in de puberteit, andere pas heel laat. Bij sommige mensen blijven sommige veranderingen (bijna) helemaal weg. Niet alle mannen krijgen bijvoorbeeld borsthaar en vrouwen krijgen niet altijd grote borsten of brede heupen. De secundaire geslachtskenmerken van mensen kunnen daardoor heel verschillend zijn.
In afbeelding 4 is voor enkele veranderingen weergegeven op welke leeftijd bij jongens en meisjes de ontwikkeling ervan kan beginnen. Je ziet dat deze leeftijd nogal kan verschillen. Iedere jongen en ieder meisje ontwikkelt zich in een eigen tempo. Je hoeft je dus geen zorgen te maken als je ‘laat’ bent of juist ‘vroeg’.

Afb. 4 Schema van de ontwikkeling van jongens en meisjes.



Ook het resultaat van de lichamelijke veranderingen is bij iedereen anders. De ene jongen krijgt een lange dunne penis, de andere een korte dikke. Sommige meisjes krijgen grote borsten, andere kleine. Bij veel vrouwen zijn de twee borsten niet precies even groot, en ook de grootte en de vorm van de tepels is bij iedereen anders. Sommige jongens krijgen overal haar, andere niet.
Hoe jouw lichaam zich ontwikkelt, is bijzonder en uniek. Niemand heeft hetzelfde lichaam als jij. In de media zie je soms ‘perfecte’ mensen. Die zijn niet echt. Vaak zijn ze opgemaakt door professionals of ze hebben hun lichaam laten veranderen, of hun foto’s zijn bewerkt om ze ‘mooier’ te maken. Normale lijven zien er anders uit en zijn heel verschillend. Kijk maar eens goed rond in een zwembad. Iedereen is anders.

GEESTELIJKE VERANDERINGEN

In de puberteit krijg je ook te maken met **geestelijke veranderingen**. Je wordt langzaam volwassen. Bij de een gaat dit wat sneller dan bij de ander. Gemiddeld worden meisjes eerder volwassen dan jongens. Bij geestelijke veranderingen horen je gedachten, je gevoelens, je zelfstandigheid en je sociale leven.

In de puberteit krijg je meer belangstelling voor andere mensen. Seksualiteit gaat een steeds belangrijkere rol spelen in je leven. Je voelt je misschien sterk aangetrokken tot één speciale persoon en wordt verliefd (zie afbeelding 5). Je probeert zijn of haar aandacht te trekken en extra aardig voor deze persoon te zijn. Als de ander ook verliefd wordt op jou, voel je je heel gelukkig. Je kunt dan een speciale relatie beginnen ('verkering').

Je verandert ook sociaal. In de puberteit ga je je anders opstellen tegenover je ouders. Je wilt niet meer als een kind worden behandeld. Soms word je om niks heel erg boos. Ook ga je anders om met je vrienden en vriendinnen. Had je vroeger misschien het liefst één goede vriend of vriendin, nu voel je je soms beter in een groepje.

De puberteit kan leuk en spannend zijn, maar je kunt je ook onzeker, eenzaam of verdrietig voelen. Deze gevoelens horen bij de puberteit. Als je ouder wordt, heb je er weer minder last van.

Afb. 5 Verliefd!

KENNIS

1 Geslachtskenmerken zijn de lichamelijke kenmerken waaraan je iemands geslacht herkent.

a Wat zijn de primaire geslachtskenmerken van een man?

b In welke fase van het leven van een mens ontstaan secundaire geslachtskenmerken?

c Welke secundaire geslachtskenmerken ontstaan alleen bij vrouwen?

d Welke drie lichamelijke veranderingen vinden in de puberteit zowel bij jongens als bij meisjes plaats?

2 Bekijk afbeelding 4.

a De groei van de borsten kan bij meisjes beginnen tussen ..... en ..... jaar.

b Bij Jasmijn beginnen de borsten zich op 9-jarige leeftijd te ontwikkelen.
In verhouding tot de meeste meisjes van haar leeftijd is dit *laat* / *vroeg*.

c De groei van de penis begint bij jongens gemiddeld op .....-jarige leeftijd.

3 In de puberteit vinden allerlei veranderingen plaats.

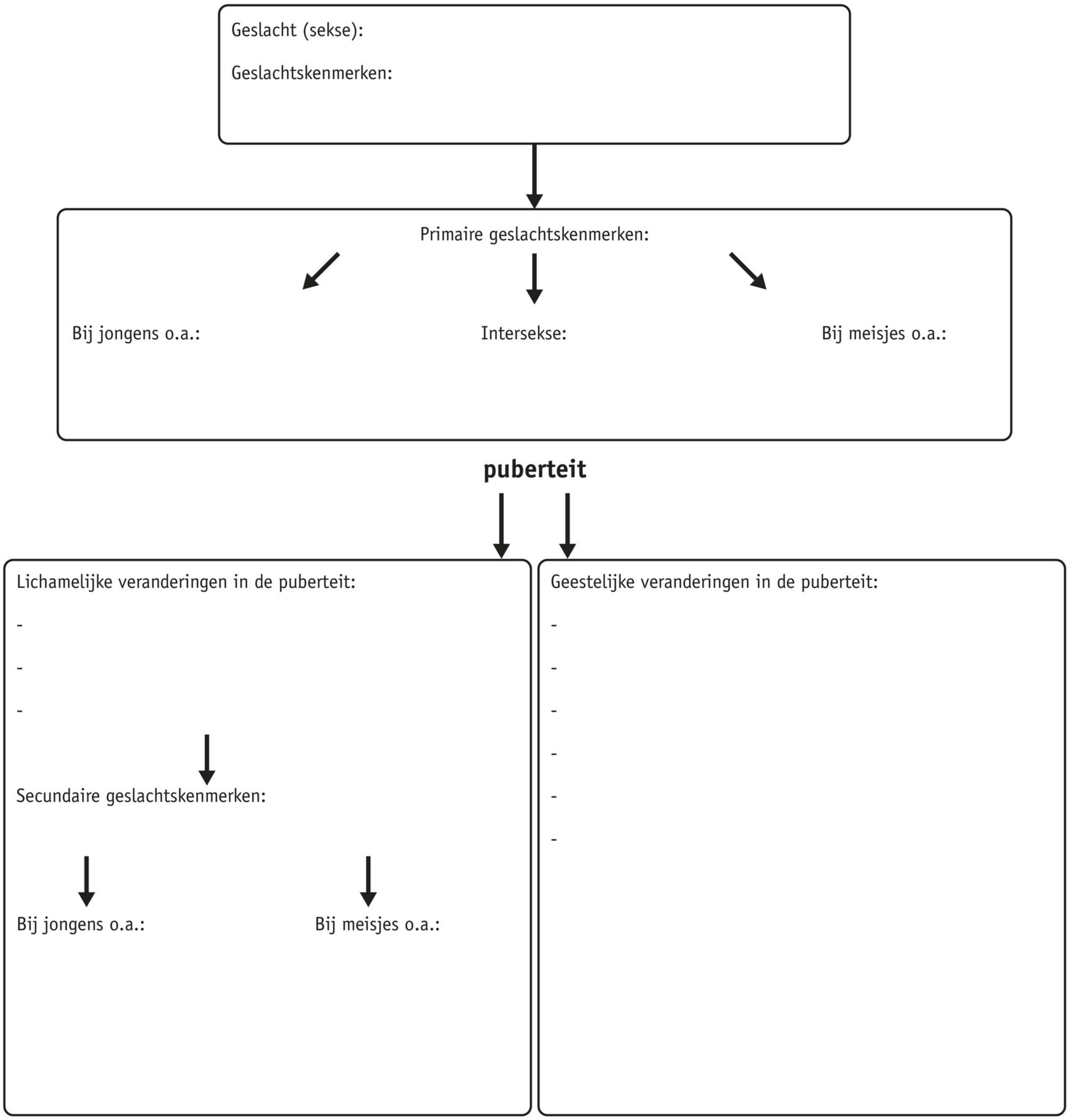
- Dat je in de puberteit niet als kind wilt worden behandeld, komt doordat je *geestelijk* / *lichamelijk* verandert.
- Gemiddeld worden *jongens* / *meisjes* eerder volwassen.

4

Samenvatting

Afbeelding 6 is een mindmap over de geslachtskenmerken en de veranderingen in de puberteit.
Vul de mindmap verder in.

Afb. 6



INZICHT

5 Lees de tekst ‘Slakkenseks’ in afbeelding 7.

a Wat is het geslacht van slakken? Leg je antwoord uit.

b Bij sommige soorten paren slakken als mannetje of als vrouwtje. Als de prostaatklier, een deel van het mannelijke voortplantingsorgaan, een bepaalde grootte heeft bereikt, paart de slak als mannetje en geeft sperma af aan een andere slak. De slak laat zich niet bevruchten. Na de paring is de prostaatklier leeg.
Hoe gedraagt een slak zich bij een paring als de prostaatklier leeg is? Leg je antwoord uit.

Afb. 7

Slakkenseks

Het paringsritueel van de grote aardslak (tijgerslak) vindt hoog in een boom plaats of aan een muurtje. Tijdens het voorspel wordt er veel slijm aangemaakt en kronkelen de slakken om elkaar heen, terwijl ze aan een lange slijmdraad hangen. Uiteindelijk komt bij elke slak een penis uit de zijkant van het hoofd via de geslachtsopening naar buiten. De penis is vier tot vijf keer zo lang als de slak zelf. De penissen kronkelen om elkaar heen en wisselen sperma uit. Hierna scheiden de wegen van de slakken. Elke slak legt bevruchte eitjes op een vochtige plek.

6 Lees de tekst ‘Haarparfum’ in afbeelding 8.

a Waarom zijn schaamhaar en okselhaar een aanwijzing dat iemand geslachtsrijp is?

b In de negentiende eeuw gaven Engelsen een afgeknipt plukje schaamhaar in een kistje cadeau aan een lover.
Leg uit dat de geur in het zweet uit de apocriene zweetklieren een grote rol speelt bij de seksuele aantrekkingskracht.

c Leg uit dat door de groei van schaamharen en okselharen de geur beter wordt verspreid.

Afb. 8

Haarparfum

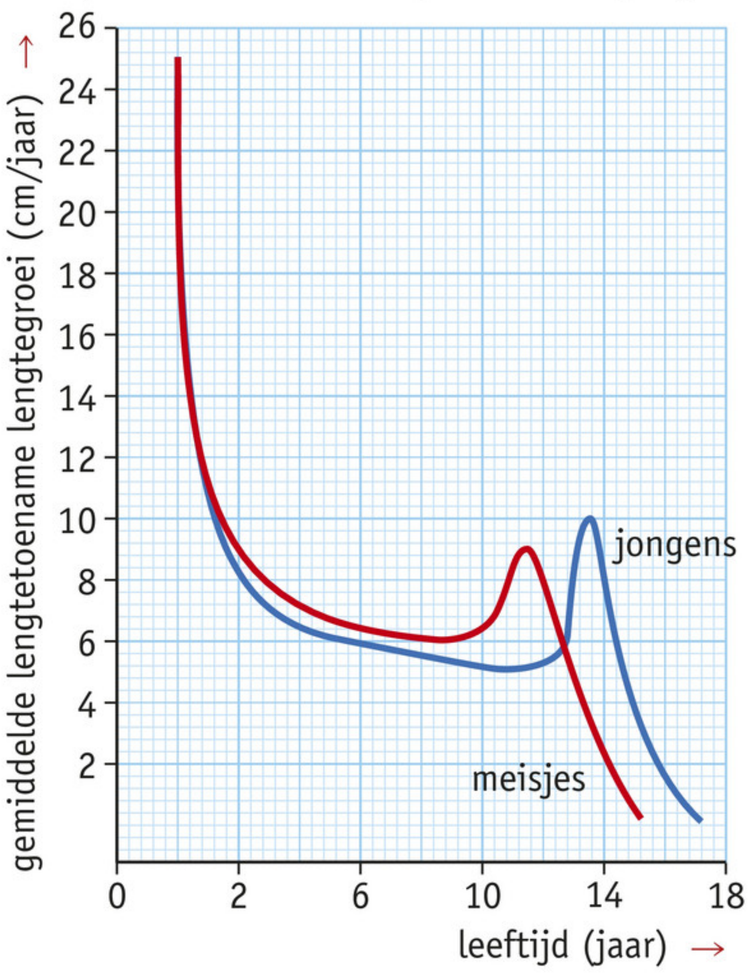
Zweetklieren vind je over je hele lichaam. Ze produceren zweet om af te koelen. Apocriene zweetklieren vind je alleen onder de oksels, in de schaamstreek, rond de anus en rond de tepels. Deze klieren gaan pas werken in de puberteit en produceren zweet met een geurtje. Die geur is uniek voor iedere persoon en speelt een rol bij het verleiden van een partner. In de puberteit gaan ook de schaamharen en de okselharen groeien waardoor de geur zich goed kan verspreiden.

7 Bekijk afbeelding 9.

a Wie groeien gemiddeld het snelst tijdens de puberteit: jongens of meisjes? Leg je antwoord uit.

b Zijn er ook meisjes die tijdens de puberteit sneller groeien dan sommige jongens? Leg je antwoord uit.

Afb. 9 Gemiddelde lengtetoename per jaar.



8 YouTuber Jeroen van Holland blikt op zijn 18e verjaardag terug op zijn tienertijd. Hij bespreekt in zijn filmpje waarom het soms vervelend is om een puberjongen te zijn. Bij welke geestelijke ontwikkeling hoort het gedrag dat Jeroen bespreekt?

A Dingen doen, zoals roken en alcohol drinken, onder invloed van groepsdruk. ○

B Je haar niet in model krijgen en niet de juiste outfit kunnen vinden. ○

C Je moeder uitschelden. ○

D Last hebben van stemmingswisselingen. ○

E Op onmogelijke momenten een erectie krijgen. ○

○ 1 Je gaat anders om met vrienden en vriendinnen en hebt vaker vriendschappen in groepjes.

○ 2 Je gaat je anders opstellen tegenover je ouders.

○ 3 Je kunt je onzeker voelen over je uiterlijk.

○ 4 Je kunt je soms boos, onzeker, eenzaam of verdrietig voelen.

○ 5 Seksualiteit begint een belangrijke rol te spelen in je leven.

+ 9

Bij geslachtelijke voortplanting vindt op het moment van bevruchting uitwisseling van erfelijke eigenschappen plaats.

a Leg uit wat hiermee wordt bedoeld.

b Door geslachtelijke voortplanting ontstaan nakomelingen met andere combinaties van erfelijke eigenschappen. Sommige nakomelingen hebben daardoor meer kans om te overleven als de omstandigheden in hun leefomgeving veranderen. Hierdoor kan een populatie (groep organismen van dezelfde soort) overleven.
Leg uit dat intersekse organismen meestal niet aan zelfbevruchting doen.

c Mensen over de hele wereld vinden personen met uiterlijke kenmerken als een gladde, soepele huid, een gezond en goed functionerend lichaam en veerkrachtig haar (seksueel) aantrekkelijk.
Leg uit waarom personen met deze kenmerken door veel mensen als een geschikte partner worden gezien om er nakomelingen mee te krijgen.

d Wat is het voordeel voor nakomelingen om deze (aantrekkelijke) erfelijke eigenschappen te erven?

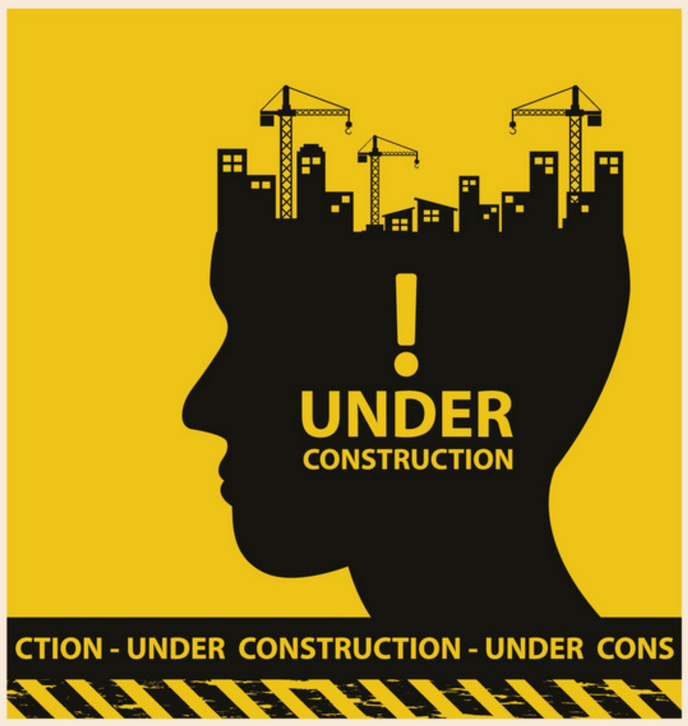
e Ook goed ontwikkelde secundaire geslachtskenmerken, zoals brede heupen en brede schouders, worden door mensen over de hele wereld seksueel aantrekkelijk gevonden.
Leg uit welk signaal hiervan uitgaat.

SAMENHANG leefwereld

WAAR IS JE 'GEZONDE VERSTAND'?

Vanaf de puberteit verandert er veel in je hersenen. Om je hersenen beter te laten werken, verdwijnen de verbindingen tussen de zenuwcellen (neuronen) die niet actief zijn. Alleen de nuttige verbindingen blijven behouden. Er ontstaan ook nieuwe verbindingen. Deze verbetering van je hersenen begint niet overal tegelijkertijd. De achterste hersengebieden zijn als eerste aan de beurt, als laatste veranderen de gebieden in je voorhoofdskwab. Ergens tussen je 21e en 25e levensjaar zijn je hersenen 'af'.
Juist het gebied in je voorhoofdskwab dat als laatste verandert, regelt processen als abstract denken, bewuste keuzen maken, consequenties van beslissingen overzien, goed plannen en prioriteiten stellen. Omdat je dat als puber meestal nog niet zo goed kunt, lijkt het soms of je 'je gezonde verstand' kwijt bent. Je hebt bijvoorbeeld je ouders weer nodig om een huiswerkplanning te maken of om huishoudelijke taken te doen. Puberhersenen zijn tijdens de ontwikkeling wel heel goed in staat om nieuwe dingen (aan) te leren. Als je jezelf in de puberteit traint om iets goed te kunnen, heb je daar de rest van je leven voordeel van.

Afb. 10



10 Lees de tekst ‘Waar is je “gezonde verstand”?’.
In de puberteit heb je je ouders nodig om bijvoorbeeld te plannen. Doordat je als puber geestelijk verandert, ontstaan er juist dan vaak ruzies.

a Welke geestelijke verandering zorgt voor het ontstaan van ruzies?

b Slaap wordt gereguleerd door je hersenen en is belangrijk voor een goede ontwikkeling van je hersenen. Om in slaap te kunnen vallen maken je hersenen melatonine aan als het donker wordt. Blauw licht, afkomstig van apparaten zoals smartphones en tablets, onderdrukt de aanmaak van melatonine.
Leg uit dat veel pubers tegenwoordig niet aan de ruim negen uur slaap komen die ze nodig hebben om overdag goed te kunnen functioneren.

c In een folder van de Hersenstichting wordt ouders van pubers aangeraden om hun kinderen kennis te laten maken met verschillende sporten, muziek en andere culturele activiteiten om de ontwikkeling van hun talenten en de nieuwsgierigheid naar nieuwe feiten te stimuleren.
Waarom is juist de puberteit een geschikt moment om dit te stimuleren?

d Een geestelijke verandering in de puberteit is dat seksualiteit een steeds belangrijkere rol gaat spelen. Je kunt je bijvoorbeeld aangetrokken voelen tot andere mensen.
Wordt dat bepaald door inwendige prikkels, door uitwendige prikkels of door beide typen prikkels? Leg je antwoord uit.

e Plannen is complex voor pubers. Om een doel te kunnen bereiken moet je je aandacht erbij houden, prioriteiten stellen en afleidingen weerstaan. Vaak begrijp je wel dat een bepaalde aanpak niet werkt, maar lukt het je niet goed om je gedrag aan te passen.
Geef een voorbeeld van een situatie waarin je merkt dat het plannen je moeilijk afgaat, terwijl je weet dat de gevolgen niet gunstig zullen zijn.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

2 Een vrouw

LEERDOELEN

4.2.3 Je kunt de delen van het voortplantingsstelsel van een vrouw noemen met hun functies en kenmerken.

4.2.4 Je kunt de menstruatiecyclus beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	4.2.3	4.2.4	4.1.1*
Onthouden	1abde, 3a	2bcde, 4c	
Begrijpen	1c, 3bc, 6	2a, 4abde, 5, 6	
Toepassen	8a, 10d	7, 8a, 9ac, 10d, 11acde	
Analyseren	8b, 10abc	9b, 11b	10abc

* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.

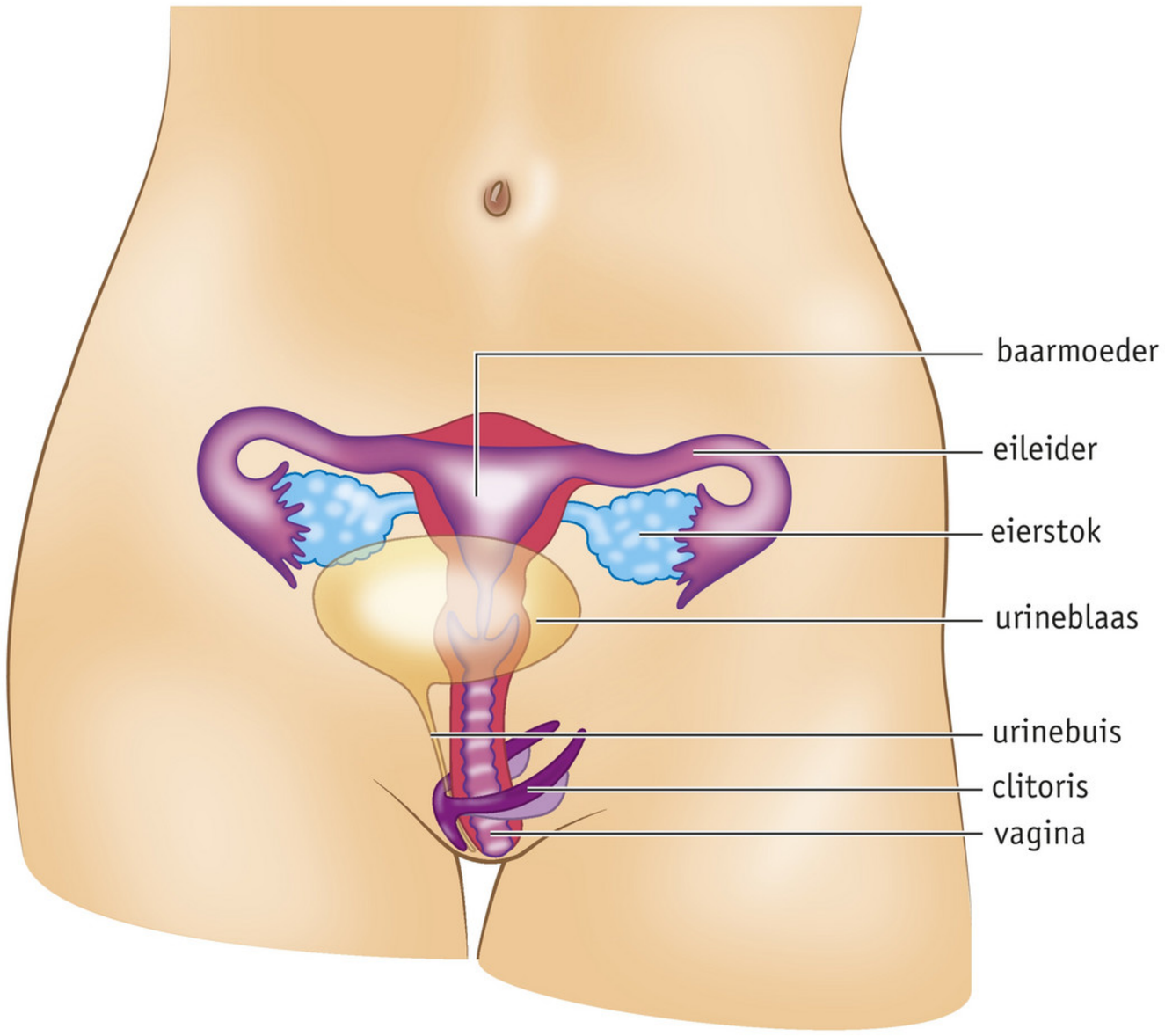
Van het voortplantingsstelsel van een vrouw is aan de buitenkant weinig te zien. Bij een vrouw liggen de meeste voortplantingsorganen in de buik.

BAARMOEDER EN EIERSTOKKEN

In afbeelding 1 zie je een naakte vrouw. De meeste organen van het voortplantingsstelsel liggen in de onderbuik, onder de navel (zie afbeelding 2).

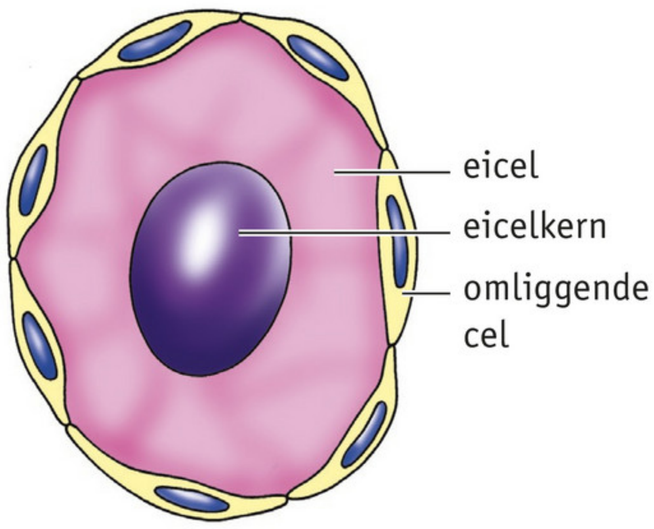
Afb. 1

Afb. 2 Het voortplantingsstelsel van een vrouw (schematisch).

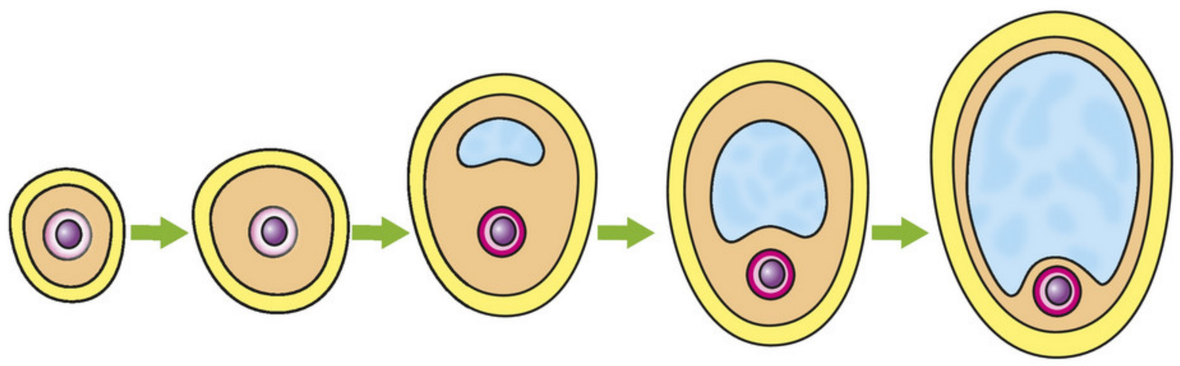


Een vrouw heeft een **baarmoeder** (**uterus**) en **eierstokken**. De baarmoeder heeft een dikke, gespierde wand die bekleed is met slijmvlies. In elke eierstok zitten honderdduizenden cellen die zich tot eicel kunnen ontwikkelen. **Eicellen** zijn de vrouwelijke geslachtscellen. De onrijpe eicellen zijn al aanwezig vanaf de geboorte. Enkele tienduizenden van deze cellen bevinden zich in een rusttoestand. Elk van deze cellen is omgeven door een laag andere cellen (zie afbeelding 3). Samen vormen ze een jonge **follikel**. Als een meisje in de puberteit komt, kunnen in de eierstokken follikels rijpen. Rijpende follikels groeien. In elke follikel ontstaat een holte gevuld met vocht (zie afbeelding 4).

Afb. 3 Jonge follikel.



Afb. 4 Rijpende follikel.

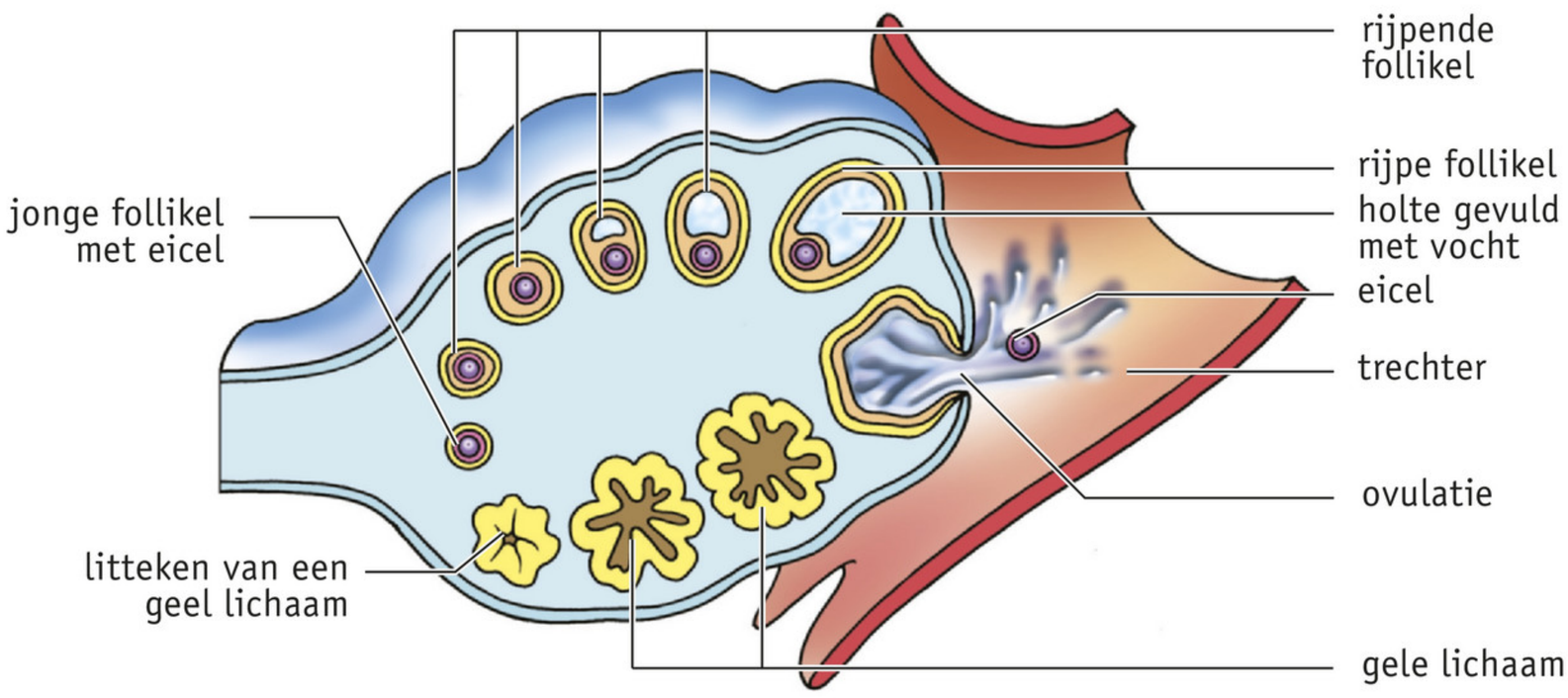


OVULATIE

Vanaf de puberteit wordt ongeveer één keer per maand een follikel rijp. Een rijpe follikel puilt buiten de eierstok uit (zie afbeelding 5). De follikel neemt dan erg veel vocht op, waardoor hij openbarst en de eicel vrijkomt. Dit heet de **ovulatie** of **eisprong**. Uit het follikelweefsel dat in de eierstok achterblijft, wordt het **gele lichaam** gevormd. De cellen van het gele lichaam produceren hormonen.

Ovulatie vindt gemiddeld één keer in de ongeveer vier weken plaats. Er komt meestal slechts één eicel vrij, gewoonlijk om de beurt uit beide eierstokken. De vrijgekomen eicel wordt door het trechtervormige uiteinde van de **eileider** opgevangen. Een eicel kan niet uit zichzelf bewegen.

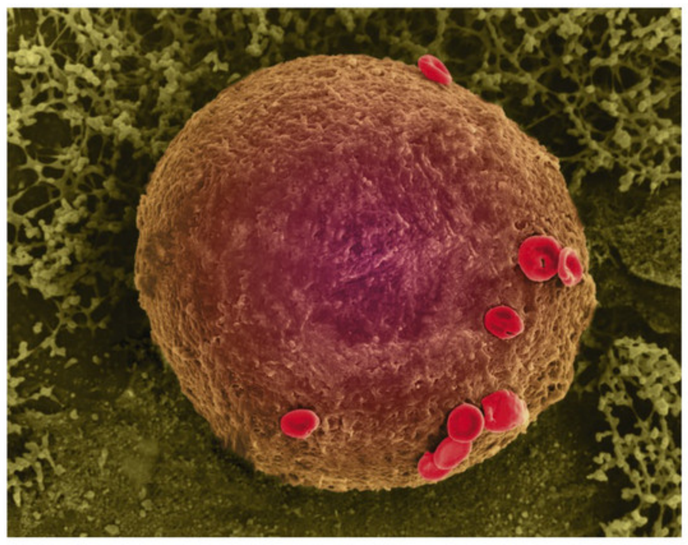
Afb. 5 De ontwikkeling van een follikel in een eierstok. Alle ontwikkelingsstadia zijn in deze ene doorsnede weergegeven.



De eileider vervoert de eicel naar de baarmoeder. Een eicel blijft na de ovulatie maar twaalf tot vierentwintig uur in leven. Daarna sterft hij af. De resten worden opgenomen in het bloed. Dit gebeurt in een eileider.
Als de eicel na de ovulatie wordt bevrucht door een zaadcel van een man, kan hij wel in leven blijven. In de baarmoeder kan de bevruchte eicel zich ontwikkelen tot een kind. De vrouw is dan zwanger.

Een eicel is de grootste menselijke cel (zie afbeelding 6). Een eicel is zo groot doordat hij veel reservevoedsel bevat. Dit reservevoedsel is nodig voor de eerste ontwikkeling als de eicel wordt bevrucht.

Afb. 6 Een eicel met daarop enkele rode bloedcellen (vergroting 425×).



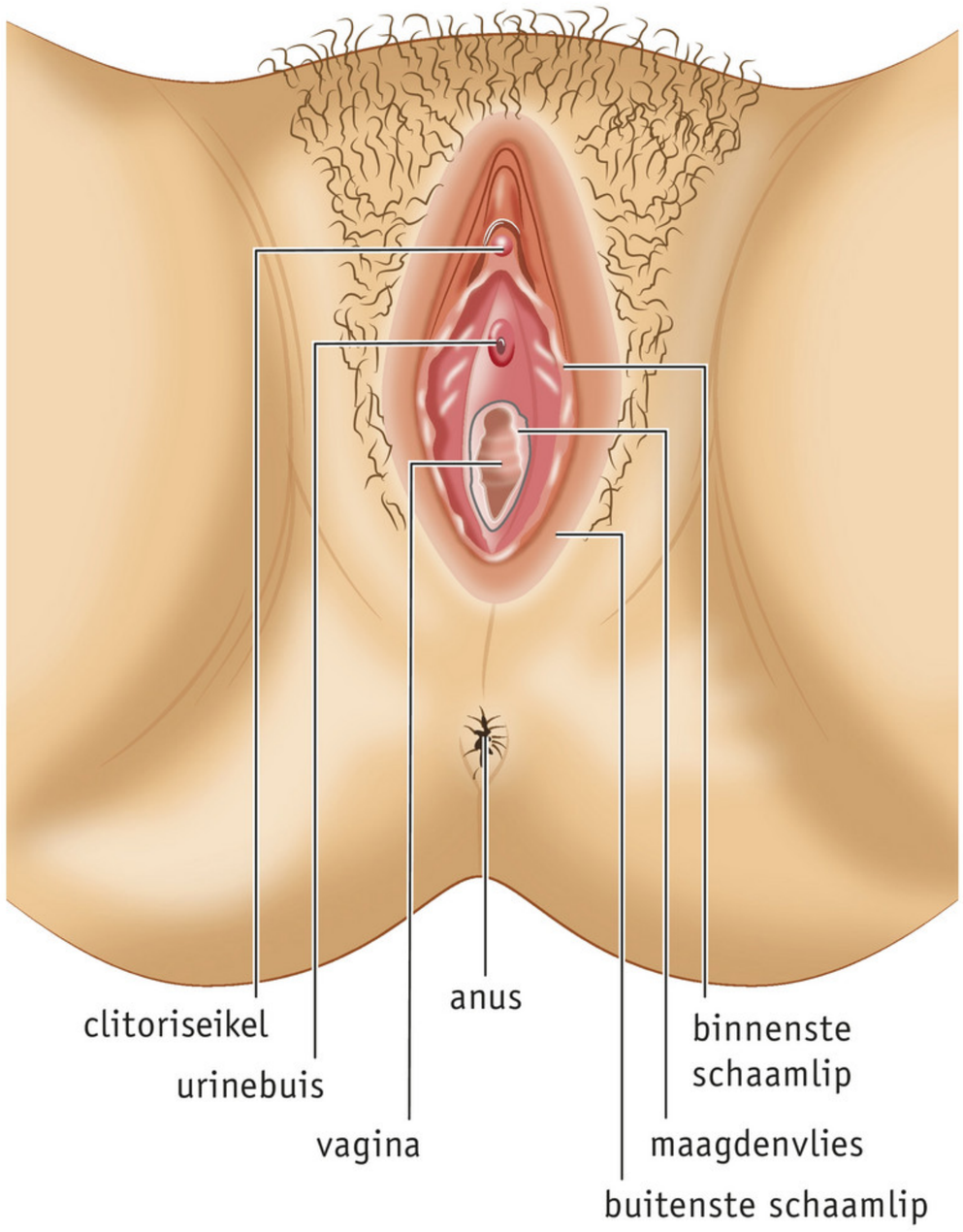
CLITORIS EN SCHAAMLIPPEN

In afbeelding 7.1 zie je de uitwendige geslachtsorganen (**vulva**) van een vrouw. De **clitoris** (spreek uit: clí-toris) is gevoelig voor prikkels die een fijn gevoel geven. Het orgaan is ongeveer 10 cm lang en ligt onder de schaamlippen in het lichaam (zie afbeelding 7.2). Alleen de **clitoriseikel** is aan de buitenkant zichtbaar. Dit ‘knopje’ is erg gevoelig. Het wordt omgeven door een huidplooi: de **clitorishoed**. De clitoris bestaat verder uit **zwellichamen**. Als een vrouw seksueel opgewonden raakt, vullen de zwellichamen zich met bloed. Ze worden daardoor groter en steviger.

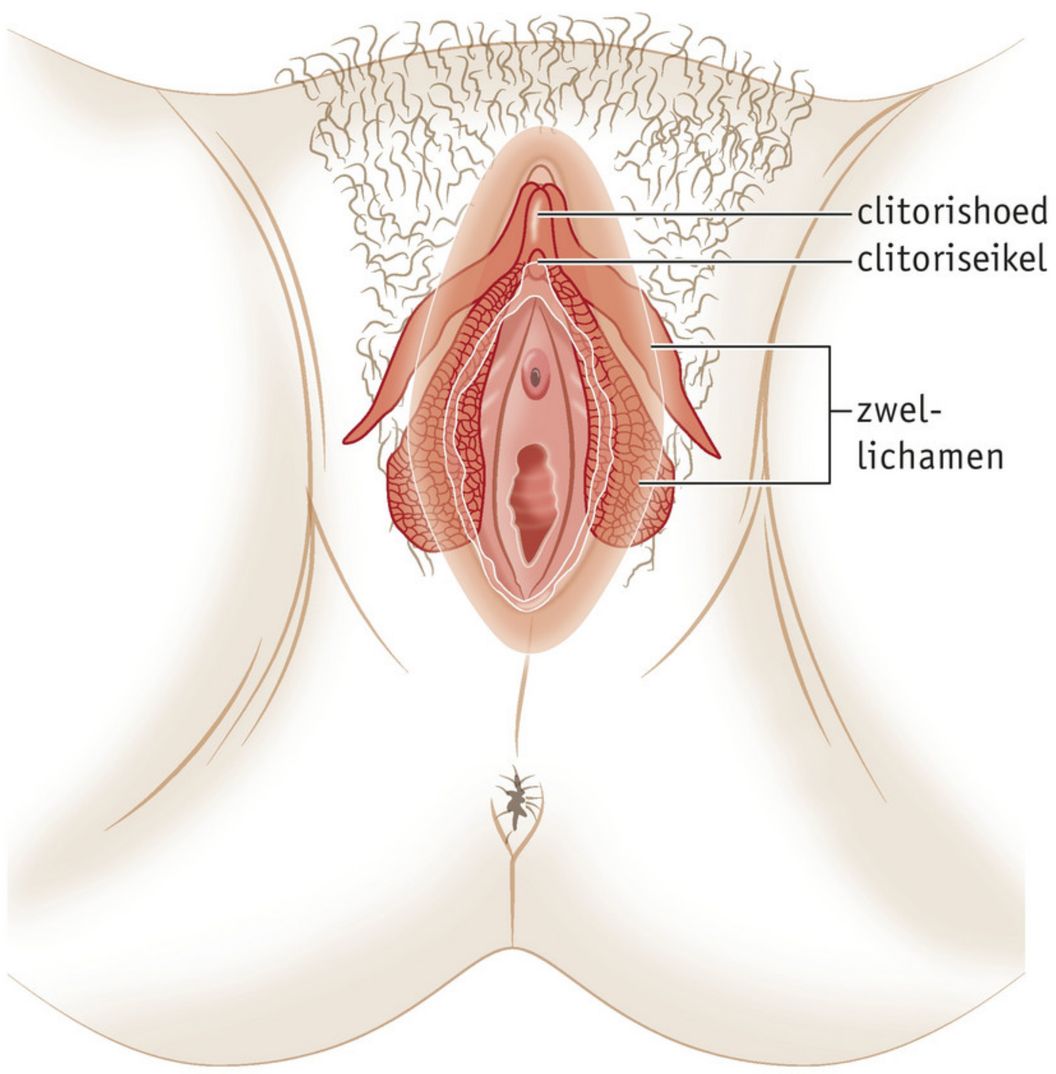
De **binnenste schaamlippen** zijn gladde, dunne huidplooien. Aan de bovenkant komen ze samen onder de clitoris. Tussen de binnenste schaamlippen liggen de opening van de urinebuis en van de **vagina**. De vagina verbindt de vulva met de baarmoeder. In de wand van de binnenste schaamlippen liggen klieren die bij seksuele opwinding slijm produceren. Hierdoor wordt de toegang tot de vagina nat en glad. Om de binnenste schaamlippen liggen de **buitenste schaamlippen** (de behaarde huidplooien). Bij de meeste vrouwen zijn de binnenste schaamlippen na de puberteit groter dan de buitenste.

Om de vulva schoon te houden, was je deze elke dag met water. Gebruik geen zeep, want dat irriteert de slijmvliezen.

Afb. 7 De uitwendige voortplantingsorganen van een vrouw.



1 vulva



2 clitoris

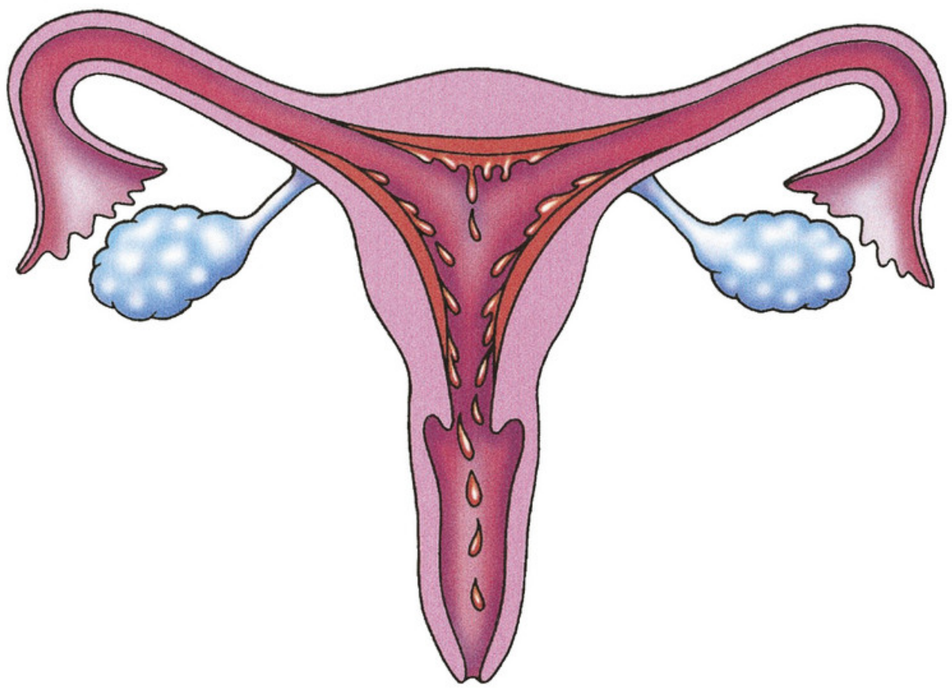
MAAGDENVLIES

Vooraan in de vagina ligt het **maagdenvlies** (zie afbeelding 7.1). Het maagdenvlies is een randje weefsel aan het begin van de vagina. Sommige meisjes worden zonder maagdenvlies geboren. Het maagdenvlies is geen dicht vlies. Het hoeft dus niet doorboord te worden bij de eerste keer dat een vrouw geslachtsgemeenschap heeft. De meeste meisjes en vrouwen bloeden dan ook niet tijdens ‘de eerste keer’.

MENSTRUATIE

Het slijmvlies in de baarmoeder bevat veel bloedvaten. Ongeveer één keer per maand laat het baarmoederslijmvlies gedeeltelijk los. Hierbij komt ook bloed vrij. Door samentrekkingen van de spierlaag van de baarmoederwand wordt het slijmvlies met bloed afgevoerd (zie afbeelding 8). Dit afstoten van een deel van het baarmoederslijmvlies heet **menstruatie** of **ongesteld zijn**.

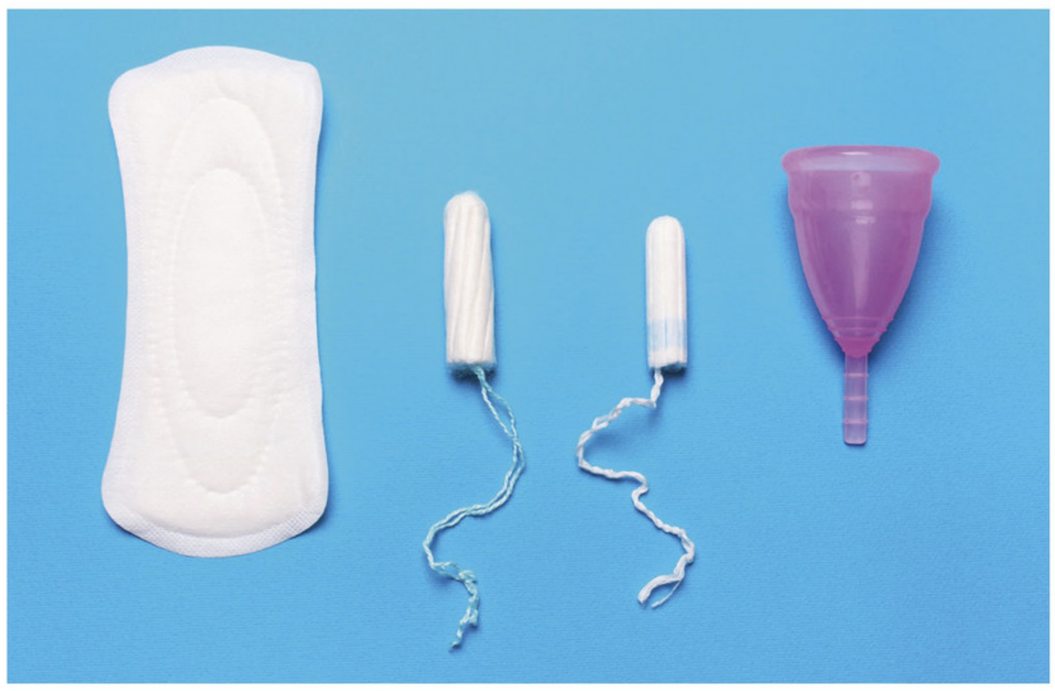
Afb. 8 Slijmvlies en bloed worden tijdens de menstruatie afgevoerd.



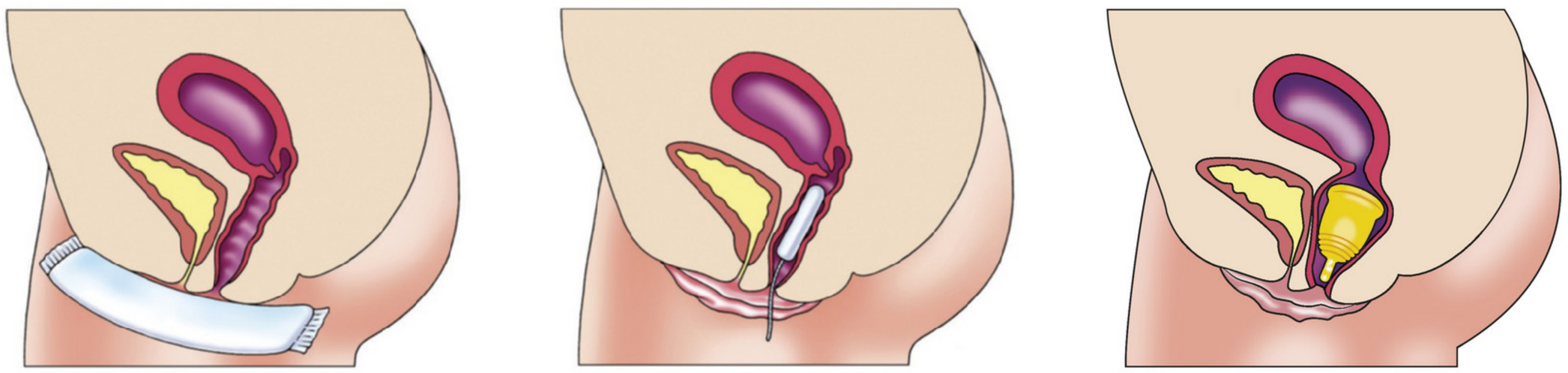
Tussen hun 10e en 16e jaar worden de meeste meisjes voor het eerst ongesteld. Gemiddeld hebben meisjes op 13-jarige leeftijd hun eerste menstruatie. Bij sommige meisjes of vrouwen duurt de menstruatie een dag of drie, bij anderen een week. De samentrekkingen van de baarmoederwand kunnen voelen als pijnlijke buikkrampen. Meisjes en vrouwen kunnen zich vlak voor en tijdens de menstruatie ellendig of verdrietig voelen. Sommigen zijn sacherijnig of afwezig, of hebben last van hoofdpijn, buikpijn, rugpijn of spierpijn. Er zijn ook vrouwen die nergens last van hebben.

Om het slijmvlies en het bloed op te vangen, zijn er **maandverband**, **tampons** of een **menstruatiecup** (zie afbeelding 9). Maandverband plak je in je onderbroek, waardoor de bovenkant tegen de opening van de vagina zit (zie afbeelding 10.1). Een tampon stop je in de vagina, waar hij het slijmvlies en bloed opzuigt (zie afbeelding 10.2). Een menstruatiecup breng je in de vagina in, waar hij langzaam volloopt (zie afbeelding 10.3). Om de vier tot zes uur moet je hem legen, afspoelen en weer inbrengen. Ook maandverband en tampons moet je enkele keren per dag vervangen. Maandverband, tampons en menstruatiecups zijn er in verschillende maten. Welke maat je nodig hebt, is afhankelijk van je bouw en de hoeveelheid bloed die je verliest. Tijdens de menstruatie is het belangrijk dat je je goed wast tussen de schaamlippen (zonder zeep).

Afb. 9 Maandverband, tampons en menstruatiecup.



Afb. 10



1 gebruik van maandverband

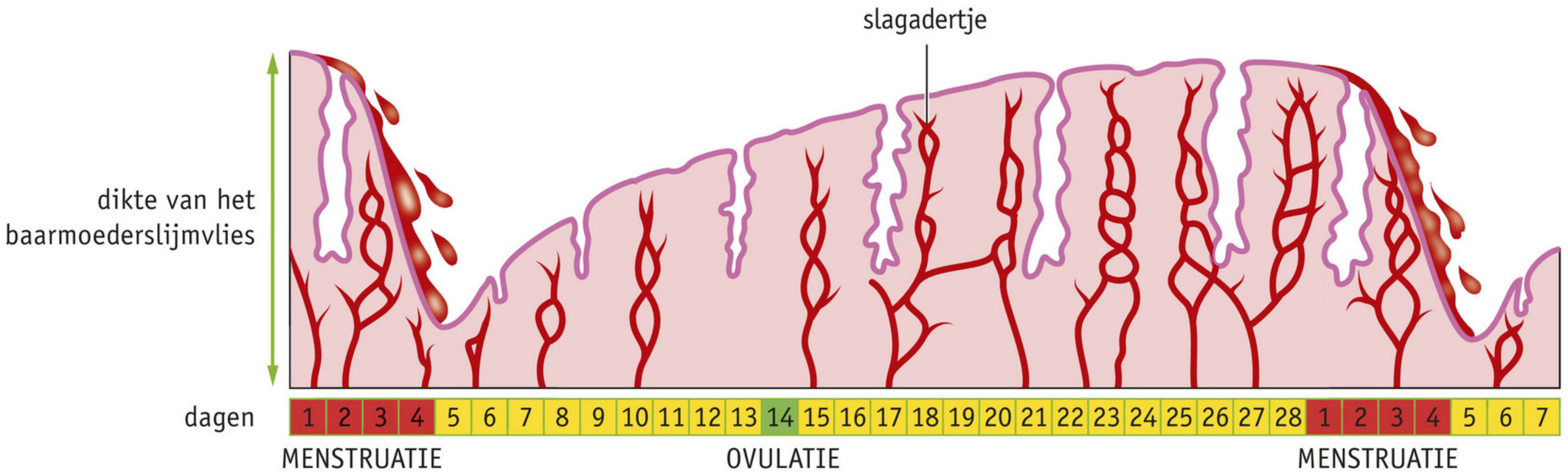
2 gebruik van een tampon

3 gebruik van een menstruatiecup

DE MENSTRUATIECYCLUS

Na de menstruatie wordt het baarmoederslijmvlies weer opgebouwd. Het slijmvlies wordt dikker en gaat meer bloedvaten bevatten. Op deze manier wordt de baarmoeder klaargemaakt voor een mogelijke zwangerschap. In afbeelding 11 zie je het baarmoederslijmvlies van een vrouw gedurende vijf weken.
De ovulatie vindt ongeveer veertien dagen na het begin van de menstruatie plaats. Als de eicel niet wordt bevrucht, begint de volgende menstruatie ongeveer op de 29e dag. Het steeds terugkerende opbouwen en afstoten van het baarmoederslijmvlies noem je de **menstruatiecyclus**.
Als een meisje net begonnen is met menstrueren, is de cyclus vaak onregelmatig. Na een paar jaar wordt de cyclus meestal regelmatiger.

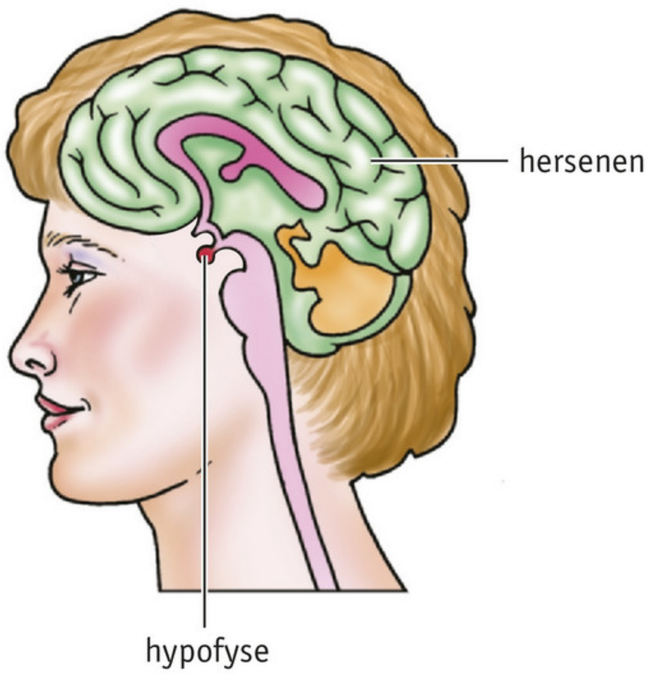
Afb. 11 Het baarmoederslijmvlies van een vrouw gedurende vijf weken.



HORMONEN

Hormonen zijn stoffen die de werking van organen regelen. Hormoonklieren geven de hormonen af aan het bloed. Via het bloed komen de hormonen in het hele lichaam terecht. Een hormoon is alleen werkzaam in weefsels en organen die gevoelig zijn voor dat hormoon.
Een belangrijke hormoonklier voor de voortplantingsorganen is de **hypofyse**. Deze klier ligt aan de onderzijde van de hersenen (zie afbeelding 12). In de puberteit begint de hypofyse stimulerende hormonen te produceren. Deze hormonen zorgen ervoor dat cellen in de wand van de rijpende follikels **oestrogenen** (vrouwelijke geslachtshormonen) produceren. Onder invloed van oestrogenen ontstaan bij een meisje de secundaire geslachtskenmerken.
Wanneer een vrouw ongeveer 50 jaar is, worden er steeds minder hormonen aangemaakt. De vrouw komt dan in de **overgang**. Tijdens de overgang komt er geleidelijk minder vaak een eicel tot ontwikkeling in een rijpende follikel. Na de overgang rijpen er geen follikels meer en kan een vrouw niet meer zwanger worden. Ze wordt dan niet meer ongesteld.

Afb. 12 Ligging van de hypofyse.



KENNIS

1

a In afbeelding 13 zie je een tekening van het voortplantingsstelsel van een vrouw.
Zet de namen bij de genummerde delen.

b Kleur de delen in de tekening. Geef elk deel een andere kleur.

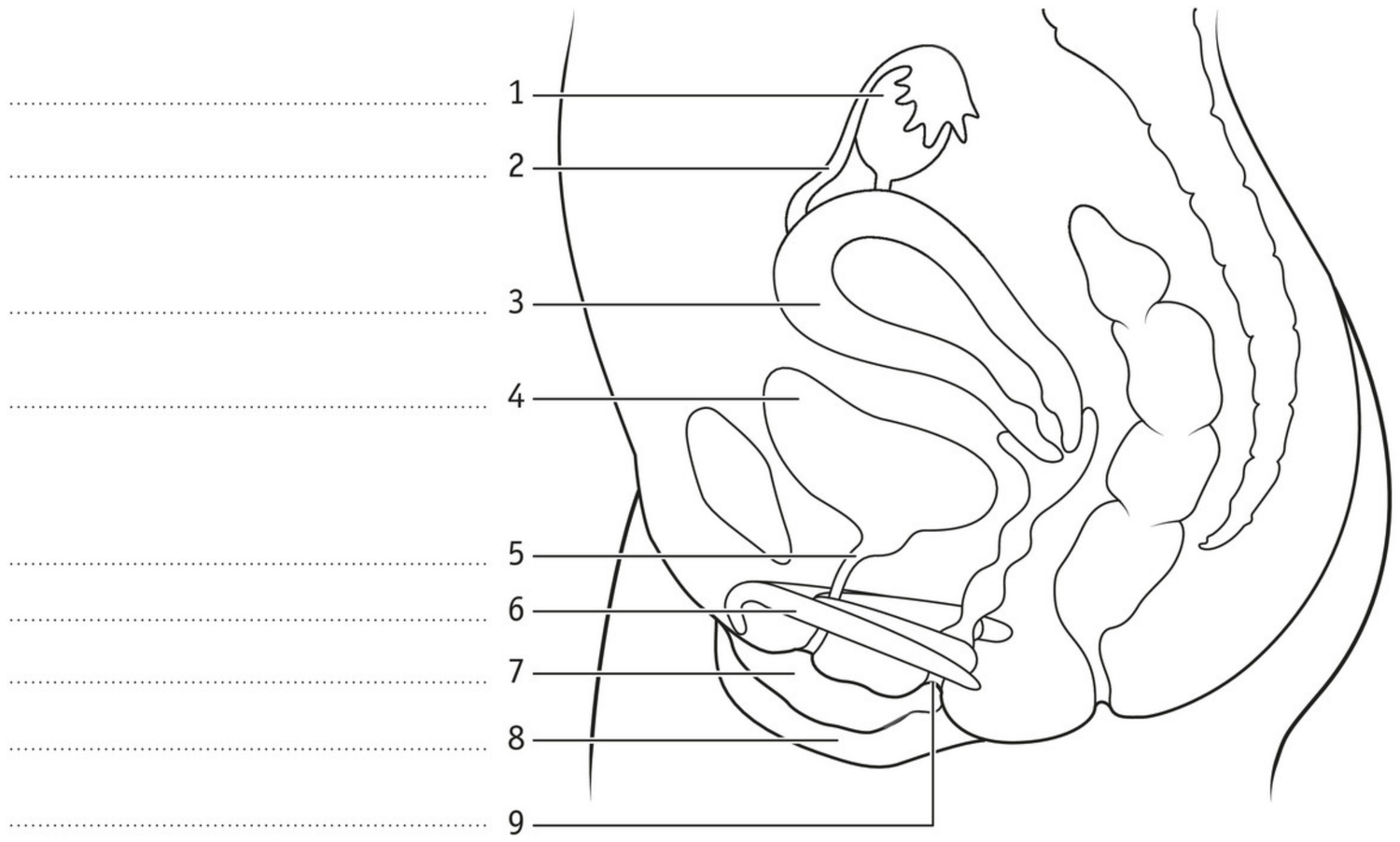
c Geef met een rode lijn aan waar het maagdenvlies kan zitten.

d In afbeelding 14 zie je een tekening van de clitoris.
Zet de namen bij de genummerde delen.

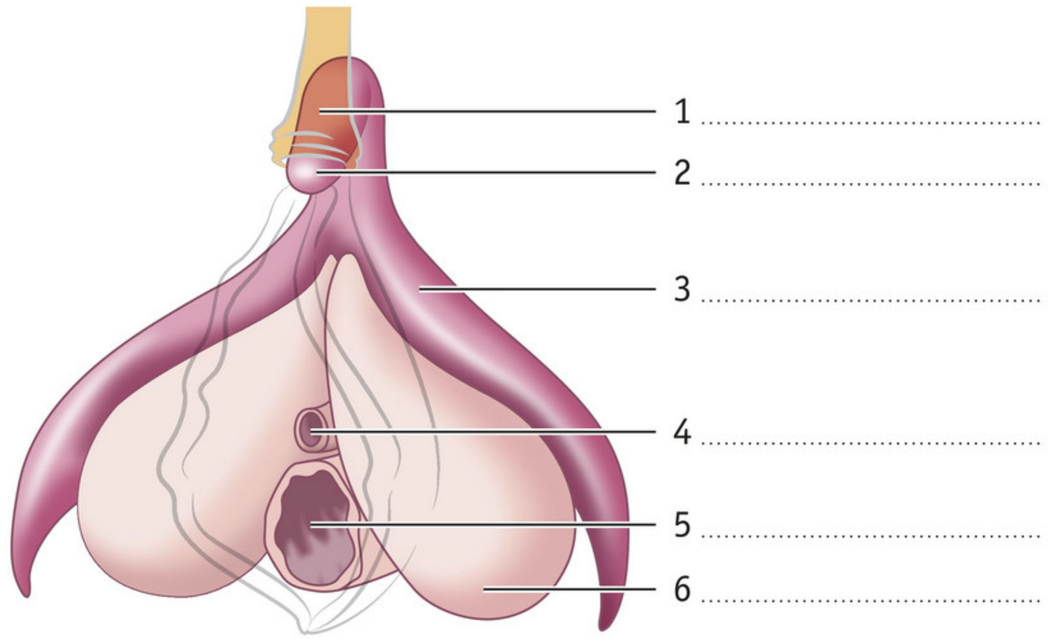
e Zet achter elke omschrijving de naam van het bijbehorende orgaan.

- Deze vervoeren eicellen. .....
- Hierin ontwikkelt een bevruchte eicel zich tot een kind. .....
- Hierin vindt de ontwikkeling van eicellen plaats. .....
- Hierin wordt het gele lichaam gevormd uit het follikelweefsel. .....
- Hierlangs worden bij de menstruatie slijmvlies en bloed afgevoerd. .....
- In de wand liggen klieren die bij seksuele opwinding slijm produceren. .....
- Is gevoelig voor prikkels die een fijn gevoel geven. .....

Afb. 13



Afb. 14



2 Eicellen zijn de vrouwelijke geslachtscellen.

a Rijpe eicellen *ontstaan vanaf de puberteit / zijn al aanwezig vanaf de geboorte*.

b Hoe komt een eicel vrij uit een follikel in de eierstok?

c Hoeveel tijd zit er bij een vruchtbare vrouw tussen twee ovulaties?

d Een eicel is groot doordat hij veel reservevoedsel bevat.
Waarvoor is dit reservevoedsel nodig?

e Een eicel die niet wordt bevrucht, sterft af.
Wat gebeurt er met de resten van de eicel?

3 Bekijk afbeelding 7.

a Welk deel van de clitoris is erg gevoelig voor prikkels?

b Wat kan het gevolg zijn van aanrakingen van de clitoriseikel?

c Bij seksuele opwinding kunnen de binnenste schaamlippen slijm aanmaken.
Hierdoor wordt de toegang tot de vagina nat en glad.
Wat is daarvan de functie?

4 Vanaf de puberteit worden de meeste meisjes ongesteld.

a Zet de ontwikkelingen in het lichaam van een meisje in de juiste volgorde.

..... Als de eicel niet wordt bevrucht, wordt het baarmoederslijmvlies afgestoten (menstruatie).

..... Een rijpe eicel komt vrij bij de ovulatie.

..... In de puberteit geeft de hypofyse stimulerende hormonen af.

..... Onder invloed van hormonen beginnen zich de eicellen in de eierstokken te ontwikkelen.

..... Uit het follikelweefsel dat in de eierstok achterblijft, wordt het gele lichaam gevormd.

..... Via het bloed komen de stimulerende hormonen bij de eierstokken.

b Wanneer een vrouw ongeveer 50 jaar is, komt ze in de overgang.
Welke beweringen over vrouwen in de overgang zijn juist?

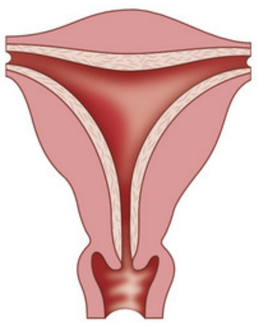
☐ A Er rijpen geen eicellen meer in de eierstokken.
☐ B Ze gaan steeds meer hormonen aanmaken.
☐ C Ze worden elke maand ongesteld.
☐ D Zwangerschap is niet meer mogelijk.

c Hoe kan het slijmvlies met bloed uit de baarmoeder worden afgevoerd?

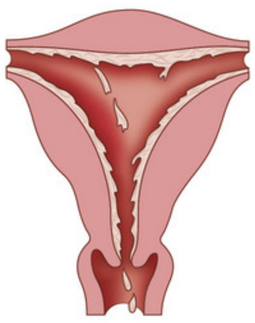
d Combineer elke beschrijving met het bijbehorende middel om menstruatiebloed op te vangen.

A	Breng je in de vagina in, waar hij langzaam volloopt.	◯	◯ 1 maandverband
B	Plak je in je onderbroek, waardoor de bovenkant tegen de opening van de vagina zit.	◯	◯ 2 menstruatiecup
C	Stop je in de vagina, waar hij het slijmvlies en bloed opzuigt.	◯	◯ 3 tampon

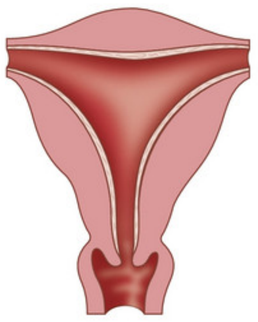
e Bij welk moment van de menstruatiecyclus hoort de doorsnede van de baarmoeder?

A 

○ 1 kort na de menstruatie

B 

○ 2 tijdens de menstruatie

C 

○ 3 tijdens de ovulatie

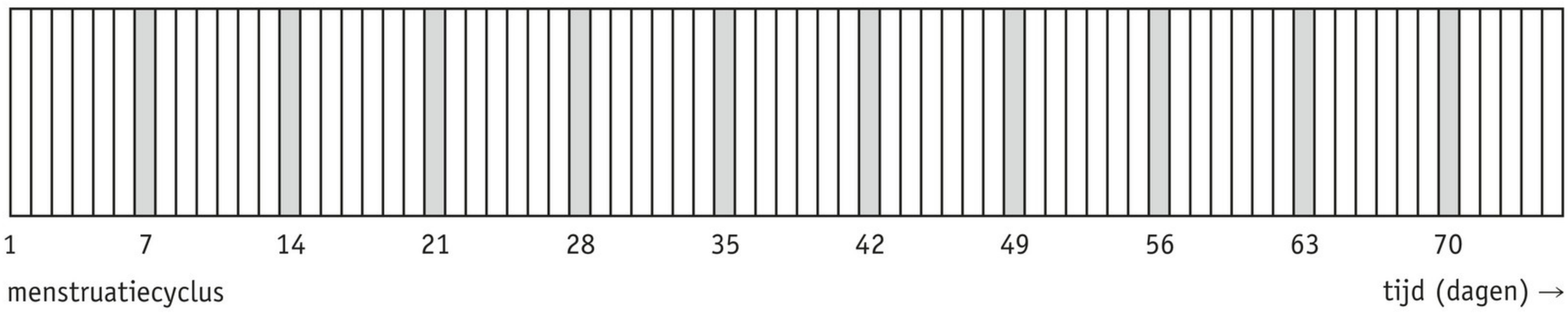
5

In afbeelding 15 zie je een tijdbalk van 75 dagen. Een vrouw is de eerste vier dagen ongesteld. Vier weken na de eerste dag van deze menstruatie wordt ze weer ongesteld. Ze menstrueert erg regelmatig en haar menstruaties duren steeds vier dagen.

a Kleur alle dagen waarop de vrouw ongesteld is rood.

b Zet een sterretje op de dagen waarop bij deze vrouw waarschijnlijk ovulatie plaatsvindt.

Afb. 15



6

Samenvatting

De delen van het voortplantingsstelsel van een vrouw met hun functies en kenmerken zijn:

De menstruatiecyclus:

INZICHT

7 Lisa heeft vanaf haar 13e verjaardag regelmatig (om de vier weken) ovulaties gehad. Ze raakt in de overgang rond haar 46e verjaardag. Deze periode stopt als ze 51 jaar is. Lisa is nooit zwanger geweest.

a Hoeveel ovulaties zullen er in haar lichaam ongeveer hebben plaatsgevonden tussen haar 13e en haar 46e verjaardag? Geef bij je antwoord een berekening.

b Kunnen er in het lichaam van Lisa na haar 46e verjaardag nog ovulaties plaatsvinden? Leg je antwoord uit.

8 Samuel beweert dat bij een meisje dat nog maagd is, de vagina helemaal wordt afgesloten door het maagdenvlies.

a Leg uit dat tijdens de menstruatie blijkt dat dit niet het geval is.

b Ook dokters kunnen niet zien of een meisje nog maagd is.
Leg uit hoe dat komt.

9 Lees de tekst ‘Milieuvriendelijk menstrueren’ in afbeelding 16.

a Maandverband en tampons moeten regelmatig worden vervangen.
Geef daarvoor twee redenen.

b Er wordt een maatschappelijke discussie gevoerd over de milieuvriendelijkheid van wasbaar maandverband.
Leg uit waarom niet iedereen wasbaar maandverband milieuvriendelijk vindt.

c Een menstruatiecup gaat jaren mee en geeft geen afval. Toch willen veel vrouwen er niet aan.
Bekijk afbeelding 10.3 en probeer te bedenken wat de voordelen en de nadelen zijn van het gebruik van een menstruatiecup. Overleg eventueel met andere klasgenoten.

Afb. 16

Milieuvriendelijk menstrueren

Ongesteld zijn zorgt voor veel afval. Een vrouw gebruikt in de vruchtbare periode van haar leven ongeveer elfduizend tampons of maandverbanden. Het kan wel vijfentwintig jaar duren voordat sommige tampons en maandverbanden zijn afgebroken. De super-absorberende korrels in maandverband en het plastic dat aan de onderzijde en randen zit om doorlekken te voorkomen, zijn meestal niet afbreekbaar. Om het milieu minder te belasten, stappen sommige vrouwen over op ecologisch maandverband. Het ecokatoen en het bioplastic in dit wegwerpverband zijn wel biologisch afbreekbaar. Wasbare maandverbanden (zie de foto) en menstruatiecups zijn andere milieuvriendelijke alternatieven.

+ 10

Lees de tekst ‘Man/vrouw/intersekse?’ in afbeelding 17.
Hormonen werken alleen in weefsels en organen die gevoelig zijn voor die hormonen. Bij Caster Semenya zijn bij haar ontwikkeling in de baarmoeder teelballen aangelegd die testosteron (mannelijk geslachtshormoon) produceren. Dit hormoon had ervoor moeten zorgen dat ze mannelijke geslachtskenmerken ging ontwikkelen, maar dat is niet gebeurd. Ze kreeg geen penis maar een vagina, waardoor ze als meisje ter wereld is gekomen en opgegroeid.

a Wat heeft ervoor gezorgd dat de weefsels en organen van Caster Semenya vrouwelijke geslachtsorganen zijn gaan ontwikkelen tijdens de ontwikkeling in de baarmoeder, terwijl er wel mannelijk geslachtshormoon werd aangemaakt?

b Tijdens de puberteit maakt de hypofyse hormonen aan die ervoor zorgen dat de teelballen meer mannelijk geslachtshormoon gaan produceren. Caster Semenya begon toen veel spiermassa te ontwikkelen en werd langer dan de gemiddelde vrouw. Dat zijn mannelijke geslachtskenmerken.
Leg uit hoe dat kan.

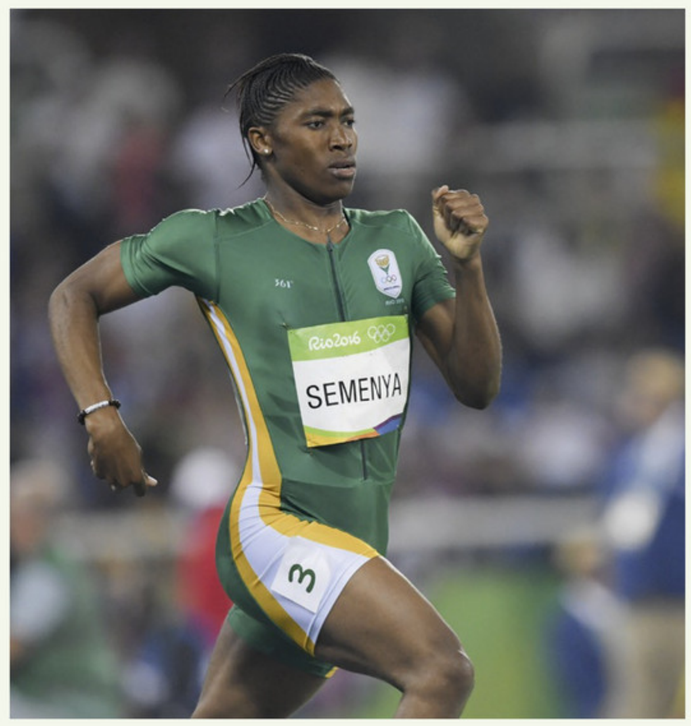
c In de sportwereld gebruiken sporters soms anabole steroïden. Dat zijn verboden middelen die de werking van het mannelijk geslachtshormoon nabootsen.
Leg uit waarom sommige vrouwelijke sporters anabole steroïden gebruiken.

d De concentratie van mannelijk geslachtshormoon in het bloed zou bij Caster Semenya drie keer hoger liggen dan bij de gemiddelde vrouw. Dat is nog altijd drie keer lager dan bij de gemiddelde man.
Vind jij dat Caster Semenya medicijnen moet slikken die ervoor zorgen dat ze minder mannelijk geslachtshormoon aanmaakt als ze mee blijft doen aan hardloopwedstrijden? Leg je antwoord uit.

Afb. 17

Man/vrouw/intersekse?

Hormonen bepalen of een persoon mannelijke, vrouwelijke of beide eigenschappen ontwikkelt. De Zuid-Afrikaanse hardloopster Caster Semenya (29 jaar) maakt veel van het mannelijk geslachtshormoon aan. Dat hormoon zorgt ervoor dat je mannelijke lichaamskenmerken krijgt. Hierdoor is ze langer en heeft ze meer spieropbouw en kracht dan vrouwen met een lager gehalte mannelijk geslachtshormoon. Caster wint daardoor veel wedstrijden. Veel mensen vinden dit oneerlijk en willen daarom dat ze medicijnen slikt die ervoor zorgen dat ze minder mannelijk geslachtshormoon aanmaakt.

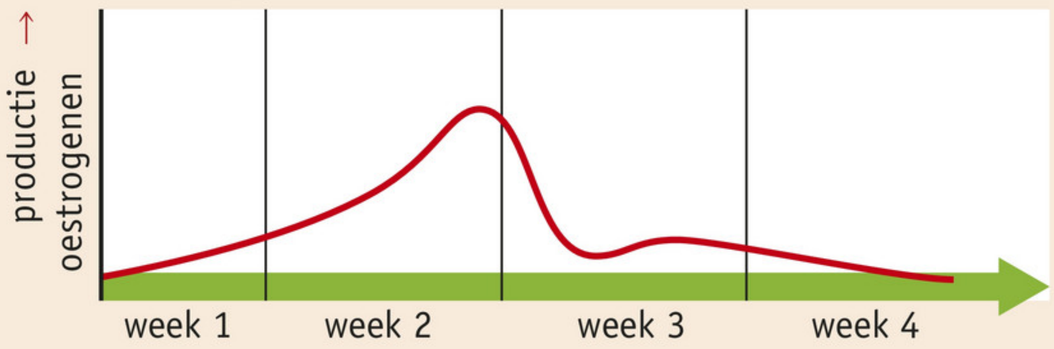


SAMENHANG wetenschap

HET EFFECT VAN OESTROGENEN

Oestrogenen zorgen bij vrouwen niet alleen voor het ontstaan van de secundaire geslachtskenmerken aan het begin van de puberteit, maar hebben ook andere effecten. Vrouwen hebben bijvoorbeeld vaker dan mannen last van stemmingswisselingen, vooral voor of tijdens de menstruatie of voor of tijdens de overgang. Ze zijn dan sneller geprikkeld of voelen zich onbegrepen, somber, emotioneel of gestrest. Het is al langer bekend dat oestrogenen hiermee te maken hebben, maar wetenschappers hebben nog niet kunnen ontdekken hoe oestrogenen precies emoties beïnvloeden. Wel is bekend wat oestrogenen in de hersenen doen. Onder invloed van oestrogenen wordt daar meer serotonine afgegeven. Deze stof beïnvloedt de stemming, slaap, seksueel gedrag, pijn en eetgedrag. Ook worden de productie en effecten van endorfinen beïnvloed. Endorfinen onderdrukken pijn en zorgen voor een gevoel van geluk.

Afb. 18 Het verloop van de oestrogeenproductie tijdens de menstruatiecyclus.



11 Lees de tekst ‘Het effect van oestrogenen’.

a Leid uit de tekst en de grafiek af of oestrogenen de stemming bij vrouwen tijdens de menstruatiecyclus positief of negatief beïnvloeden. Verklaar je antwoord.

b Bij veel vrouwen verbetert de stemming na de overgang. Dit bewijst dat het niet mogelijk is om de effecten van oestrogenen op de stemming te voorspellen. Leg dat uit.

c Vrouwen met PreMenstrueel Syndroom (PMS) hebben erg veel last van stemmingswisselingen in de periode voor de menstruatie. Uit onderzoek blijkt dat de schommelingen van de oestrogeenwaarden bij deze vrouwen vrijwel altijd normaal zijn.
Kan het zijn dat vrouwen met PMS gevoeliger zijn voor de normale fluctuaties van oestrogeen tijdens de menstruatiecyclus? Leg je antwoord uit.

d Vrouwen overlijden gemiddeld op hogere leeftijd dan mannen aan hart- en vaatziekten. Na de overgang neemt het risico om te overlijden aan hart- en vaatziekten bij vrouwen toe.
Leg uit dat wetenschappers vermoeden dat oestrogenen beschermen tegen hart- en vaatziekten.

e Uit wetenschappelijk onderzoek is gebleken dat vrouwen meestal aantrekkelijker worden gevonden halverwege de menstruatiecyclus.
Leg uit hoe het komt dat vrouwen er dan meestal beter uitzien.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

3 Een man

LEERDOELEN

4.3.5 Je kunt de delen van het voortplantingsstelsel van een man noemen met hun functies en kenmerken. ► Practica 1 en 2

4.3.6 Je kunt de kenmerken van zaadcellen en eicellen noemen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	4.3.5	4.3.6	2.4.10**
Onthouden	1, 2		
Begrijpen	4	3, 4	
Toepassen	5, 10b	9a	
Analyseren	6, 7, 10acd	6a, 7, 8, 9bc	10d

** Dit leerdoel vind je in een ander thema.

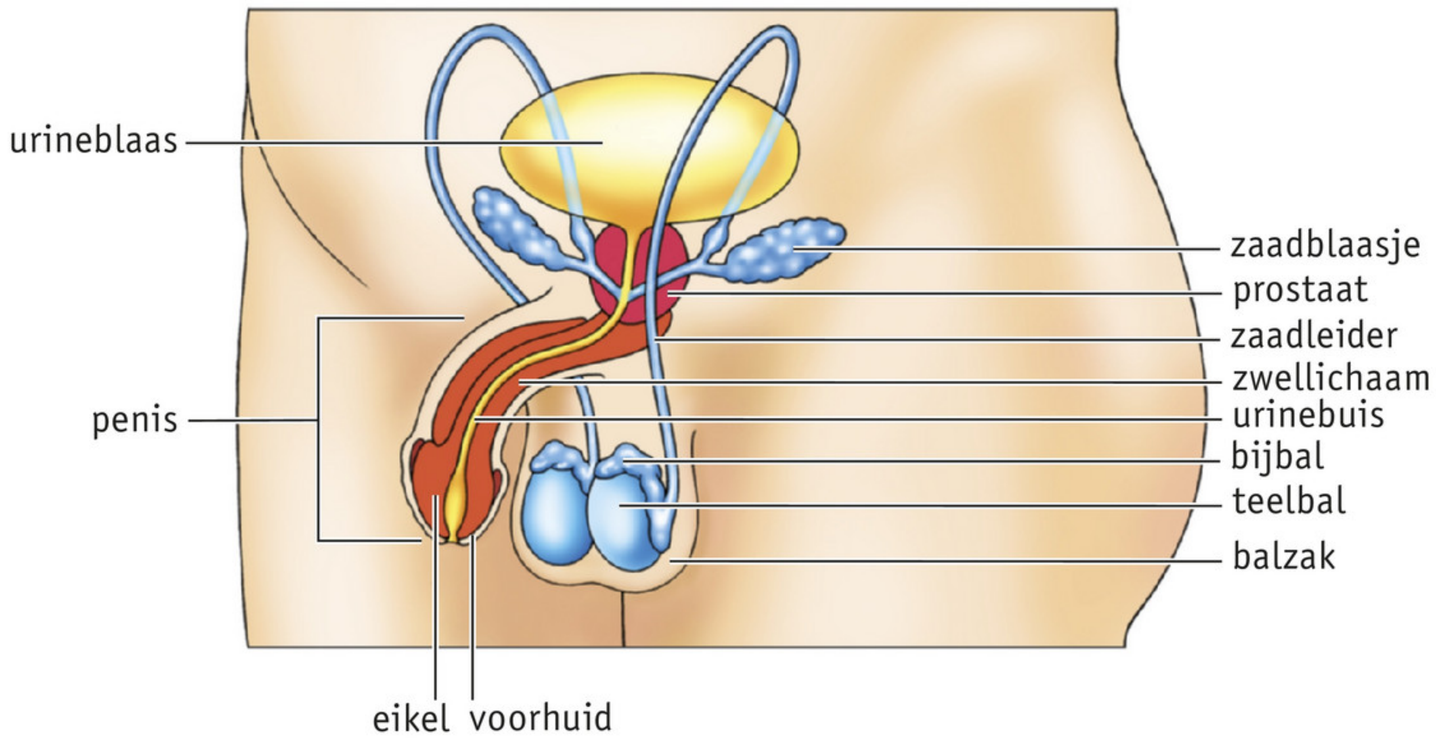
Het voortplantingsstelsel van een man is voor een groot deel aan de buitenkant te zien. Alleen de prostaat en de zaadblaasjes liggen onder in de buik.

TEELBALLEN EN BALZAK

In afbeelding 1 zie je een naakte man. Je ziet een deel van zijn voortplantingsstelsel. De rest van zijn voortplantingsorganen ligt in de onderbuik (zie afbeelding 2).

Afb. 1

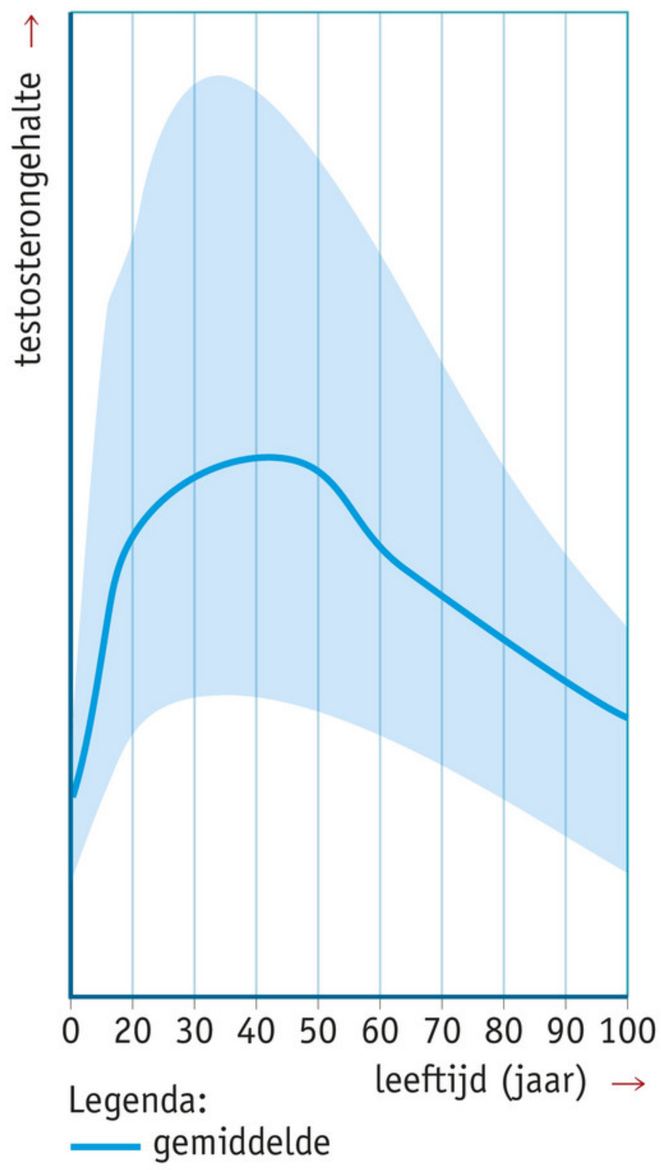
Afb. 2 Het voortplantingsstelsel van een man (schematisch).



Als een jongen ongeveer 13 jaar is, beginnen zijn **teelballen** (testes) te functioneren. Vanaf die leeftijd produceren de teelballen elke dag vele miljoenen **zaadcellen** (**spermacellen**). Zaadcellen zijn de mannelijke geslachtscellen. De teelballen liggen in een huidplooi: de **balzak**. De temperatuur in de balzak is iets lager dan die in de buikholte. Dat is gunstig voor de ontwikkeling van de zaadcellen.

Net als bij een meisje spelen bij een jongen hormonen een belangrijke rol bij de vorming van geslachtscellen. Aan het begin van de puberteit gaat de hypofyse stimulerende hormonen maken. Onder invloed van die hormonen worden bij een jongen of man in de teelballen zaadcellen en het mannelijk geslachtshormoon **testosteron** gevormd (zie afbeelding 3). Onder invloed van testosteron ontstaan in de puberteit de secundaire geslachtskenmerken bij een jongen. Bij een man produceert de hypofyse de stimulerende hormonen tot op hoge leeftijd. Zaadcellen kunnen daardoor tot op hoge leeftijd worden gevormd. Een man komt dus niet in de overgang, zoals een vrouw.

Afb. 3 Onder invloed van hormonen uit de hypofyse gaan de teelballen in de puberteit het hormoon testosteron produceren.



PROSTAAT EN PENIS

De zaadcellen worden tijdelijk opgeslagen in de **bijballen**. De **zaadleiders** vervoeren de zaadcellen.

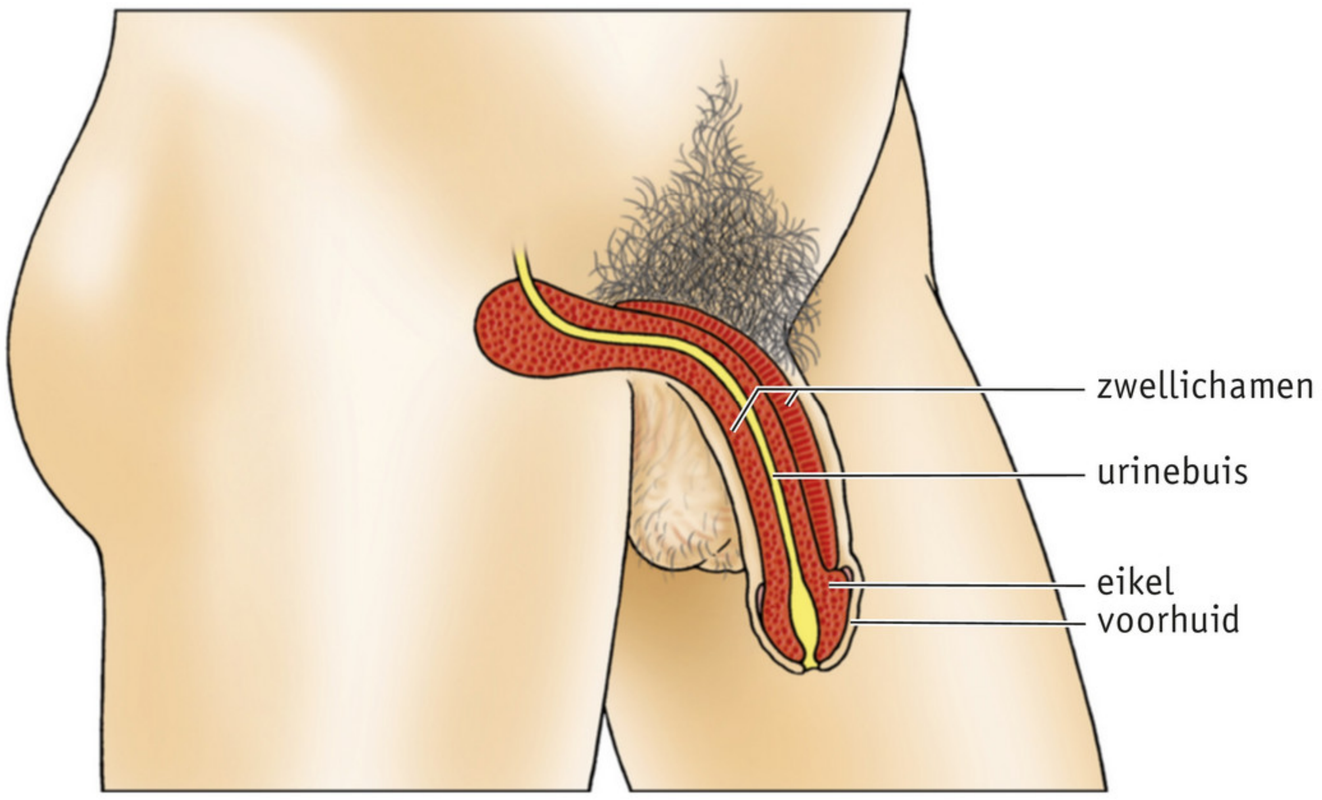
De **zaadblaasjes** en de **prostaat** voegen vocht toe aan de zaadcellen. Het vocht uit de zaadblaasjes bevat voedingsstoffen voor de zaadcellen. Het vocht uit de zaadblaasjes en de prostaat met de zaadcellen samen noem je **sperma**.

Bij de prostaat komen de zaadleiders uit in de urinebuis. De urinebuis loopt door de **penis**. De top van de penis, de **eikel**, is erg gevoelig. De eikel is bedekt met een dunne huidplooi: de **voorhuid**. Deze beschermt de eikel. De voorhuid is zo ruim dat deze over de eikel kan worden teruggetrokken. Om ontsteking te voorkomen, is het belangrijk dat een jongen elke dag bij het douchen de voorhuid even terugtrekt en de eikel en de voorhuid afspoelt.

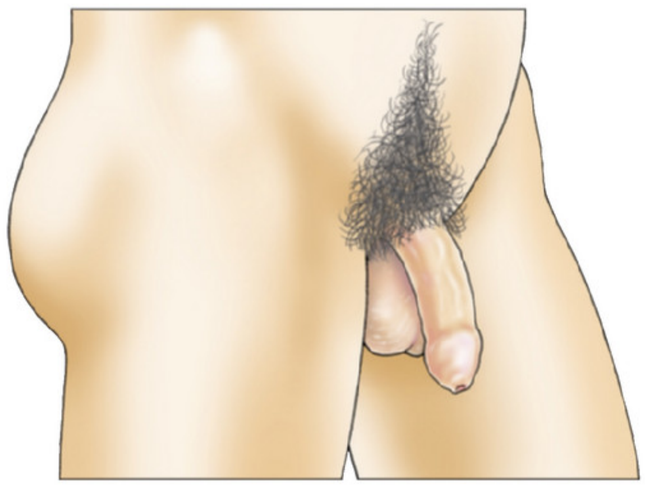
Bij sommige jongens wordt de voorhuid weggesneden. Dit heet ‘besnijden’. Soms gebeurt dit om hygiënische redenen, soms om godsdienstige redenen (bijvoorbeeld bij joden en moslims).

De penis hangt meestal slap, maar hij kan ook groter en stijf worden. Dat noem je een ‘stijve’ of een **erectie**. Een erectie wordt veroorzaakt door de **zwellichamen** in de penis (zie afbeelding 4 en 5). Er ligt één zwellichaam aan de onderkant, om de urinebuis. De andere zwellichamen liggen aan de bovenkant, één links en één rechts. De zwellichamen kunnen zich met bloed vullen, waardoor ze groter en steviger worden. De penis wordt dan stijf (zie afbeelding 5). De grootte en de vorm van de penis in slappe toestand verschillen nogal van man tot man. Maar bij penissen in erectie is er niet zoveel verschil. Jongens en mannen kunnen op de vervelendste momenten een erectie krijgen. Bijvoorbeeld tijdens een onderzoek door een dokter, bij een stoeipartijtje of bij intiem dansen. Vaak hebben jongens en mannen ’s nachts een erectie of als ze wakker worden.

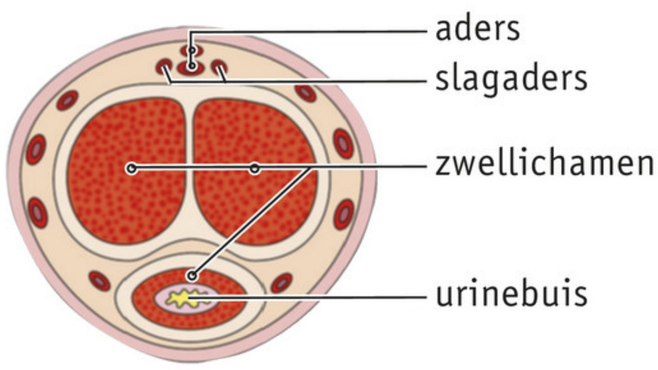
Afb. 4



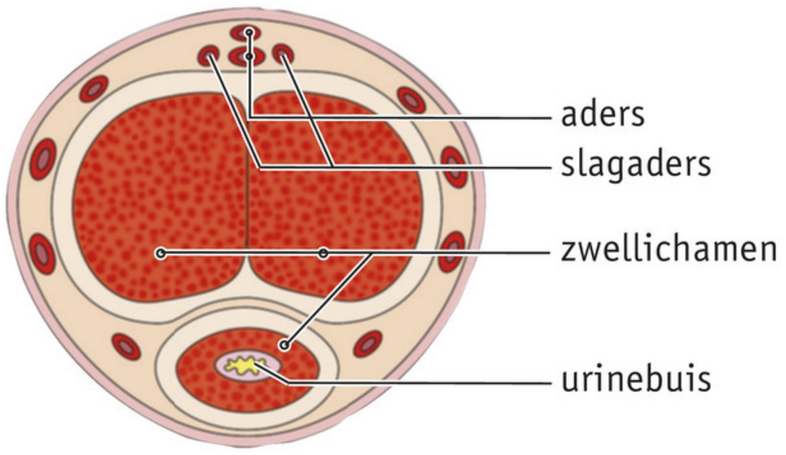
Afb. 5 De penis (buitenaanzicht en dwarsdoorsnede).



1 in gewone toestand (slap)



2 in erectie



ZAADLOZING

Met een stijve penis kan een man zaadcellen in het lichaam van een vrouw brengen. Dat gebeurt tijdens **geslachtsgemeenschap** ('neuken'). Bij geslachtsgemeenschap brengt een man zijn stijve penis in de vagina van een vrouw. Door bewegingen van man en vrouw wordt de penis in de vagina op en neer bewogen. De eikel wordt daarbij voortdurend geprikkeld. Daardoor kan de man een **zaadlozing** krijgen. Bij een zaadlozing komt het sperma met schokken door de urinebuis naar buiten. Het sperma komt dan in de vagina van de vrouw.

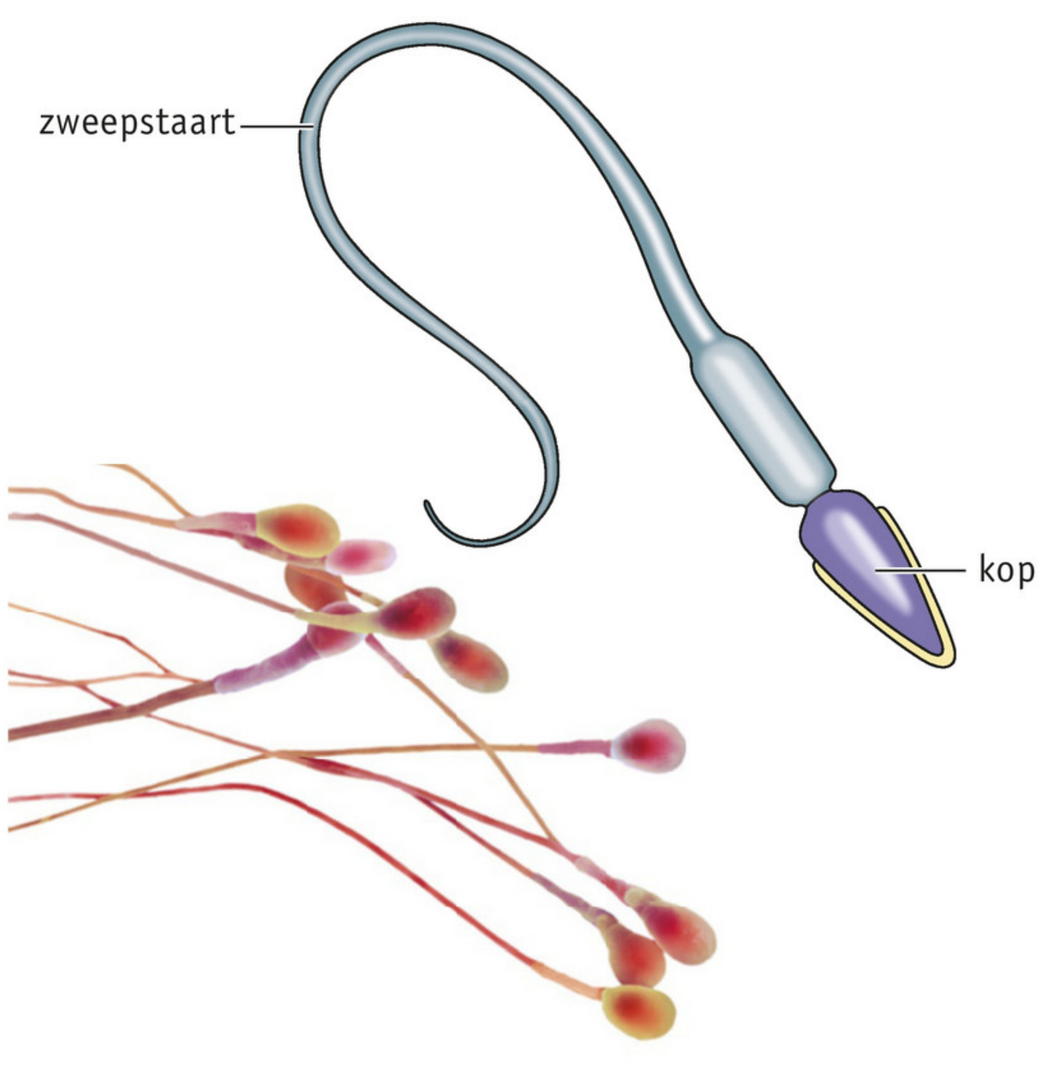
Per zaadlozing komt ongeveer een theelepel sperma uit de penis. Sperma is kleverig en melkwit van kleur. Eén zaadlozing bevat honderd tot vierhonderd miljoen zaadcellen.

Soms komt 's nachts als de man of jongen slaapt een zaadlozing vanzelf. Dat heet een 'natte droom'. Gemiddeld krijgt een jongen zijn eerste zaadlozing rond zijn 13e jaar. Er zijn jongens die zaadlozingen krijgen als ze 11 zijn, anderen krijgen hun eerste zaadlozing als ze 18 zijn.

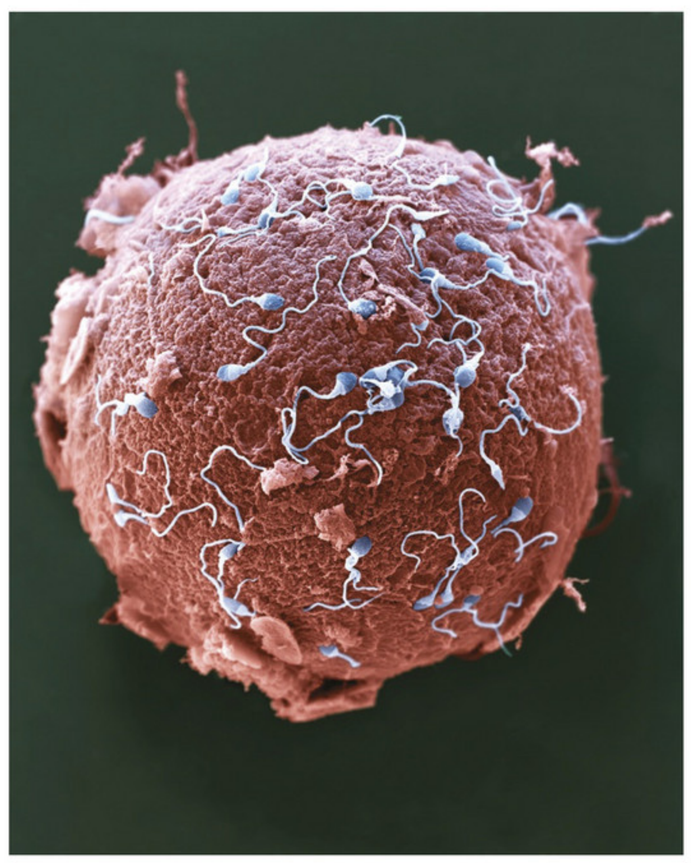
ZAADCELLEN EN EICELLEN

Een zaadcel is de kleinste menselijke cel (zie afbeelding 6). Met de **zweepstaart** kan een zaadcel zich voortbewegen. Daardoor kunnen de zaadcellen na een zaadlozing de baarmoeder en de eileiders in 'zwemmen'. Komen ze in de eileider een eicel tegen, dan kan die bevrucht worden (zie afbeelding 7). Een eicel kan niet zelf bewegen. Een eicel kan alleen vlak na de eisprong worden bevrucht (tot 24 uur erna).

Afb. 6 Elektronenmicroscopische foto van zaadcellen (vergroting 1260×).



Afb. 7 Een eicel met zaadcellen (vergroting 360×).



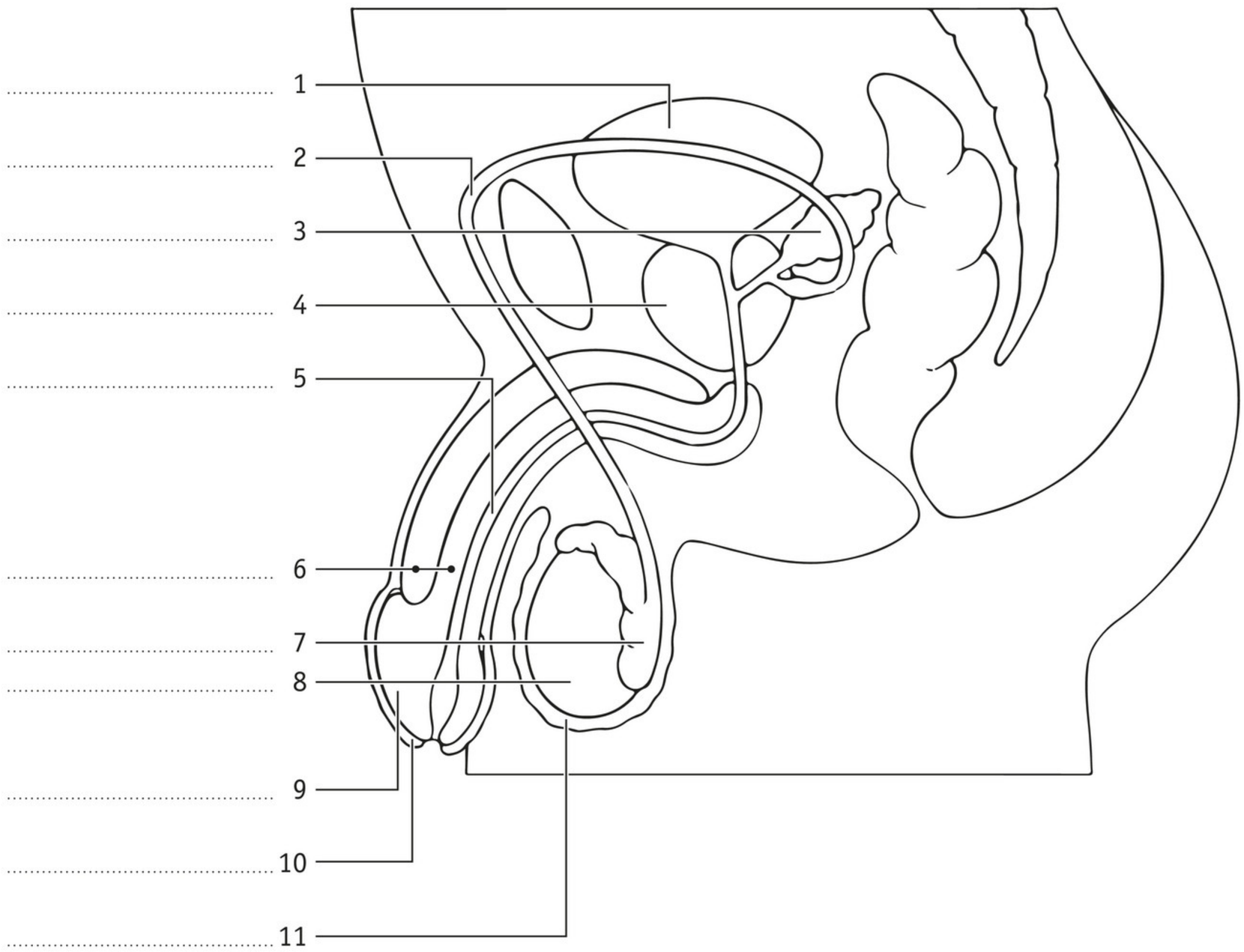
KENNIS

1 In afbeelding 8 zie je een tekening van het voortplantingsstelsel van een man.

a Zet de namen bij de genummerde delen.

b Kleur de delen in de tekening. Geef elk deel een andere kleur.

Afb. 8



2 Welk deel van het voortplantingsstelsel van een man hoort bij de functie?

A	Brengt sperma in de vagina.	○	○ 1 balzak
B	Delen die de penis in erectie brengen.	○	○ 2 bijballen
C	Hierin liggen de teelballen en de bijballen.	○	○ 3 eikel
D	Loopt door de penis en vervoert urine en sperma.	○	○ 4 penis
E	Produceren het mannelijk geslachtshormoon testosteron.	○	○ 5 teelballen
F	Slaan zaadcellen tijdelijk op.	○	○ 6 urinebuis
G	Vangt prikkels op die kunnen leiden tot een orgasme.	○	○ 7 zaadblaasjes
H	Vervoeren zaadcellen.	○	○ 8 zaadleiders
I	Voegen vocht met voedingsstoffen toe aan zaadcellen.	○	○ 9 zwellichamen

3 Kies de juiste geslachtscellen.

- zijn het grootst *eicellen / zaadcellen*
- kunnen zelf bewegen *eicellen / zaadcellen*
- bevatten reservevoedsel *eicellen / zaadcellen*
- worden het meest geproduceerd *eicellen / zaadcellen*

4 **Samenvatting**

Delen van het voortplantingsstelsel van een man met functies en kenmerken zijn:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Geslachtsgemeenschap: .....

.....

Kenmerken zaadcellen en eicellen:

- Zaadcellen: .....

  .....

- Eicellen: .....

  .....

INZICHT

5 Na geslachtsgemeenschap bevrucht een zaadcel een eicel.
Welke delen van het mannelijke en het vrouwelijke voortplantingsorgaan passeert de zaadcel voordat hij de eicel bereikt? Zet de delen in de juiste volgorde.

..... baarmoeder

..... bijbal

..... eileider

..... teelbal

..... urinebuis

..... vagina

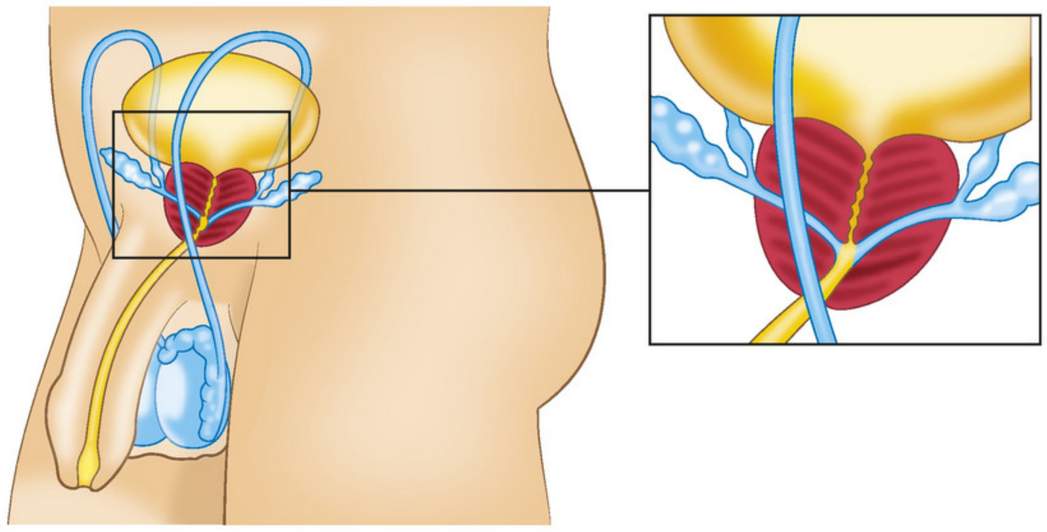
..... zaadleider

6 De prostaat produceert vocht dat de zure omgeving in de vagina minder zuur maakt. Hierdoor blijven zaadcellen langer in leven.

a Waarom is het belangrijk dat zaadcellen zo lang mogelijk in leven blijven?

b Vooral bij mannen die ouder zijn dan 50 jaar komt prostaatvergroting voor (zie afbeelding 9).
Leg uit hoe hierdoor problemen met plassen kunnen ontstaan.

Afb. 9 Prostaatvergroting.



7 Wanneer door een ontsteking de afvoergangen van de zaadblaasjes verstopt zijn, neemt de productie van sperma met 70% af.

a Zet de bestanddelen van sperma in de juiste volgorde qua hoeveelheid. Begin met het bestanddeel dat het meest voorkomt in sperma.

..... vocht uit de prostaat

..... vocht uit de zaadblaasjes

..... zaadcellen

b Het vocht dat de zaadblaasjes toevoegen aan de zaadcellen bevat fructose. Dat is een energierijke voedingsstof.
Leg uit dat zaadcellen tijdens hun reis voedingsstoffen van buitenaf nodig hebben en eicellen niet.

8 Lees de tekst 'Ongeslachtelijk of geslachtelijk voortplanten' in afbeelding 10.

a Geef twee voordelen van ongeslachtelijke voortplanting.

b Voor geslachtelijke voortplanting moeten organismen eicellen of zaadcellen kunnen produceren.
Hoe kun je uit de bouw van een organisme afleiden dat het eicellen of zaadcellen kan produceren?

Afb. 10

Ongeslachtelijk of geslachtelijk voortplanten

Organismen kunnen zich ongeslachtelijk of geslachtelijk voortplanten. Bij ongeslachtelijke voortplanting kan een deel van een organisme uitgroeien tot een nieuw individu, bijvoorbeeld als je een plant stekt, of als een arm van een zeester uitgroeit tot een nieuwe zeester (zie de foto). Voor geslachtelijke voortplanting moet een eicel van een organisme worden bevrucht door een zaadcel van een organisme van dezelfde soort.

+ 9

Lees de tekst ‘Spermacompetitie’ in afbeelding 11.

a Een libellenmannetje probeert voor hij gaat paren het sperma van zijn voorganger te verwijderen.
Welk gevolg heeft dit voor het doorgeven van zijn erfelijke eigenschappen?

b Een libellenvrouwtje slaat na elke paring sperma op, zodat haar eitjes door het sperma van meerdere mannetjes worden bevrucht. De nakomelingen hebben hierdoor verschillende erfelijke eigenschappen. Wanneer de omstandigheden veranderen, wordt hierdoor de kans om als soort te overleven groter.
Leg dat uit. Gebruik in je uitleg het begrip ‘variatie’.

c Mannetjeschimpansees hebben sperma dat in de vagina van een vrouwtje hard wordt en haar zo afsluit voor concurrenten. Deze zogenoemde ‘spermaplug’ ontstaat doordat het zaad snel opdroogt door speciale eiwitten.
Is hier sprake van spermacompetitie? Leg je antwoord uit.

Afb. 11

Spermacompetitie

Allesbehalve romantisch: libellenvrouwtjes paren met meerdere mannetjes. En mannetjes proberen tijdens de paring eerst het sperma van het vorige mannetje te verwijderen, om er zo voor te zorgen dat zijn eigen sperma de eicel bevrucht. Ze hebben er speciale borstelorgaantjes voor aan hun penis. Het vrouwtje heeft juist in dode hoekjes opslagtankjes voor sperma zodat ze van alle mannetjes toch iets kan achterhouden.

SAMENHANG wetenschap

MINDER VRUCHTBAAR DOOR OVERGEWICHT?

Vetcellen kunnen ontstekingseiwitten produceren die ontstekingsreacties in het lichaam veroorzaken. Mensen met overgewicht kunnen daardoor last hebben van chronische ontstekingen in verschillende weefsels, ook in de weefsels van de geslachtsorganen. Dit zou bij mannen kunnen leiden tot een verminderde spermakwaliteit waardoor hun vruchtbaarheid afneemt. Chinese wetenschappers hebben het sperma onderzocht van mannen met een gezond gewicht (BMI), met overgewicht en met obesitas. Hiervoor werd van 272 mannen sperma afgenomen. De spermamonsters werden onderzocht op de concentratie zaadcellen (hoeveelheid per milliliter), de beweeglijkheid van de zaadcellen en de concentratie ontstekingseiwitten (zie tabel 1).

Afb. 12

Tabel 1

BMI	Aantal spermadonoren	Concentratie zaadcellen (miljoen/mL)	Beweeglijkheid van zaadcellen (%)	Ontstekingseiwitten (10^{-12} g/mL)
Gezond gewicht	82	113	80	13
Overgewicht	150	87	57	26
Obesitas	40	76	58	38

10 Lees de tekst ‘Minder vruchtbaar door overgewicht?’.
Uit de onderzoeksvraag blijkt dat de wetenschappers vermoeden dat er een verband bestaat tussen overgewicht en verminderde vruchtbaarheid bij mannen.

a Leg uit waarom ze dat vermoeden.

b Welke conclusie kun je trekken uit de resultaten?

c Voordat mannen hun sperma doneren, vragen de onderzoekers of ze koorts hebben gehad in de afgelopen drie maanden. Als dat zo is, is hun sperma niet geschikt voor het onderzoek.
Leg uit waarom sperma van mannen die koorts hebben gehad, niet geschikt is voor het onderzoek.

d Om de vruchtbaarheid van mannen te verbeteren, willen wetenschappers dat er voorlichting komt om overgewicht en obesitas te voorkomen.
Waarom is dat om meerdere redenen een goed plan?

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

4 Seks enzo

LEERDOELEN

4.4.7 Je kunt omschrijven wat onder seksualiteit wordt verstaan.
4.4.8 Je kunt benoemen hoe gender en seksuele oriëntatie kunnen verschillen.
4.4.9 Je kunt benoemen hoe je wensen en grenzen kunt bewaken en respecteren in een seksuele relatie.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	4.4.7	4.4.8	4.4.9	4.2.3*
Onthouden	1abde		3ac	
Begrijpen	1c, 4	2, 4	3b, 4	
Toepassen	5d, 6a	5a, 7	8, 9, 11acde	6a
Analyseren	5bce, 6b	10	11b	6b

* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.

In de puberteit gaat seksualiteit een rol spelen in je leven. Ook in het leven van volwassenen is seksualiteit belangrijk. Mensen kunnen daar heel verschillend over denken.

ORGASME

De eikel van de penis en de eikel van de clitoris zijn erg gevoelig voor prikkels. Door prikkeling van de eikel, bijvoorbeeld bij geslachtsgemeenschap, kan iemand een **orgasme** krijgen (‘**klaarkomen**’). Bij mannen vindt dan een zaadlozing plaats. Bij vrouwen spannen spieren rond de vagina zich aan. Een orgasme geeft een lekker gevoel.

Je kunt ook zelf zorgen voor een orgasme. Door over de penis of de clitoris te wrijven, kun je een lekker gevoel krijgen. Dit heet **zelfbevrediging** of **masturbatie**. Een jongen kan een orgasme krijgen door met de hand de huid om de penis op en neer te bewegen. Dit wordt ‘aftrekken’ genoemd. Een meisje kan over de clitoris wrijven, eventueel met de vingers in de vagina. Dit heet ‘vingeren’. Veel jongens en meisjes vrijen met zichzelf, maar het is ook niet raar als je er geen zin in hebt.

SEKSUALITEIT

Geslachtsgemeenschap en zelfbevrediging horen bij seksualiteit. Onder **seksualiteit** vallen alle gedachten, gevoelens en handelingen die te maken hebben met lust en opwinding. Seksualiteit kan verschillende functies hebben voor mensen: lustbeleving, intimiteit en voortplanting.

Seksualiteit kan mensen veel plezier geven. Seksueel opgewonden raken is een prettig gevoel. Dat noem je **lustbeleving**. Mensen kunnen door allerlei prikkels seksueel opgewonden raken, bijvoorbeeld door aanraken, strelen, zoenen of vrijen. Ook door alleen maar te kijken naar iemand die je aantrekkelijk vindt, kan seksuele opwinding ontstaan.

Seksualiteit kan een rol spelen bij **intimiteit** of het onderhouden van een liefdesrelatie met iemand (zie afbeelding 1). Als je op deze manier van iemand houdt, wil je dat regelmatig laten blijken aan die persoon, bijvoorbeeld door te strelen of te knuffelen. Als je van iemand houdt, wil je misschien ook met deze persoon vrijen of geslachtsgemeenschap hebben. Dat kan een gevoel van verbondenheid geven.

Afb. 1 Intimiteit in een liefdesrelatie.

Een man en een vrouw kunnen geslachtsgemeenschap hebben. Als een zaadcel van de man een eicel van de vrouw bevrucht, kan de vrouw zwanger worden. Seksualiteit speelt zo een rol bij de **voortplanting**. Veel mensen hebben geslachtsgemeenschap zonder dat ze een kind willen. Om zwangerschap te voorkomen gebruiken ze dan **voorbehoedsmiddelen**, zoals een condoom of de pil.

Foto's, films of teksten met het doel om mensen seksueel te prikkelen, noem je **pornografie** (**porno**). Meestal worden de geslachtsorganen dan duidelijk in beeld gebracht (of beschreven). Die zien er vaak niet uit zoals ze er bij de meeste mensen in het echt uitzien. Ook gedragen de acteurs zich niet natuurlijk. Door veel naar porno te kijken, kun je een onrealistisch beeld van seksualiteit krijgen. In het echt gaat het anders. Je kunt porno dus niet gebruiken om meer te leren over seksualiteit.

SEKSUELE ORIËNTATIE

De seksuele oriëntatie (of seksuele voorkeur) zegt iets over op wie je verliefd wordt (zie afbeelding 2). De meeste mensen voelen zich seksueel aangetrokken tot personen van het andere geslacht. Deze mensen zijn **heteroseksueel** (hetero = ongelijk). Ongeveer een op de vijftien mensen is **homoseksueel** (homo = gelijk) of biseksueel (bi = twee). Homoseksuele mensen voelen zich aangetrokken tot personen van hetzelfde geslacht. Bij meisjes en vrouwen wordt dit **lesbisch** genoemd. Mensen die zich aangetrokken voelen tot mannen én vrouwen, noem je **biseksueel**. Er zijn ook mensen die zich niet seksueel aangetrokken voelen tot anderen. Zij zijn **aseksueel**. Voor sommigen maakt het geslacht of gender van de ander niets uit. Dit noem je **panseksueel**.

Afb. 2

GESLACHT EN GENDER

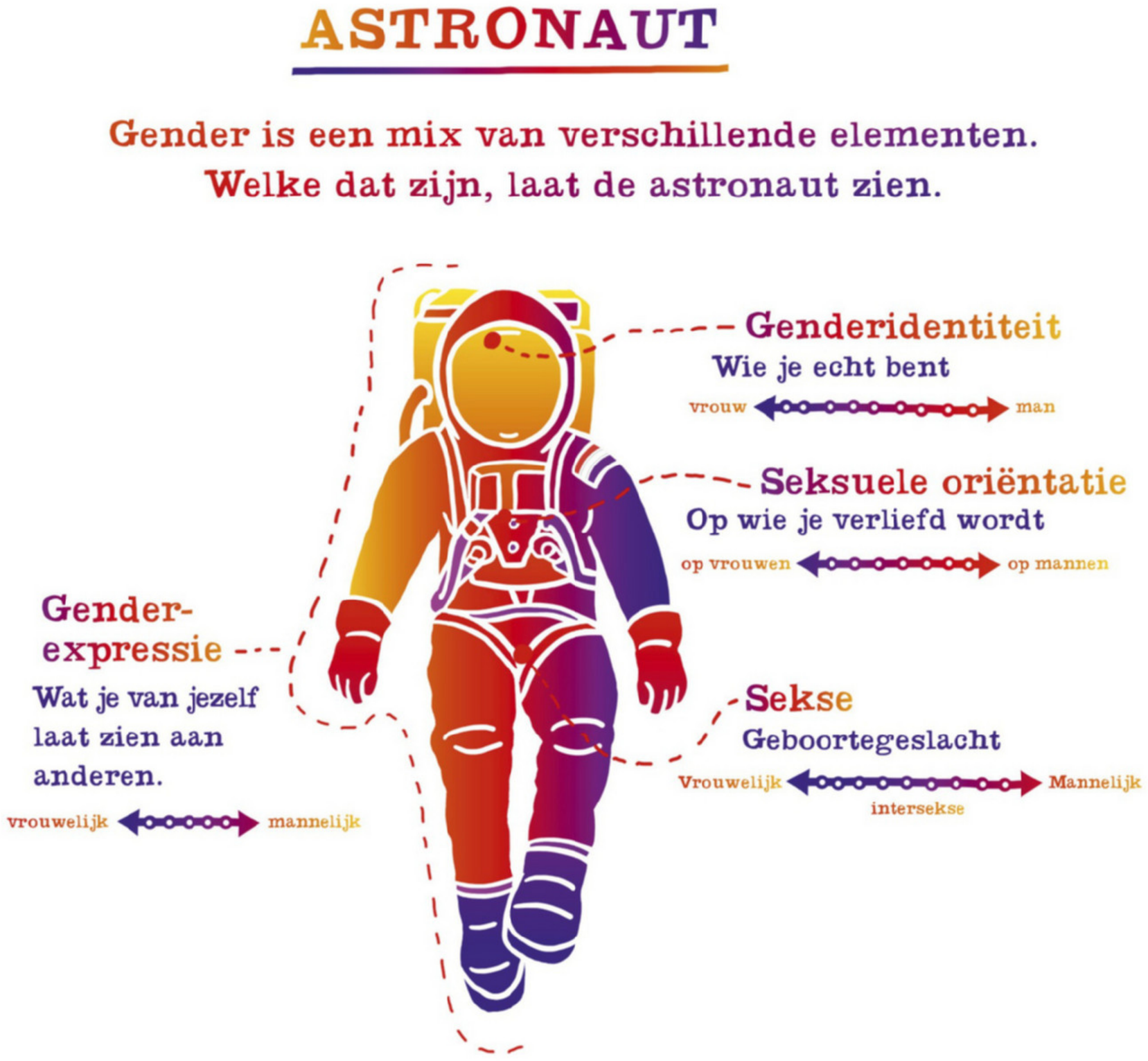
Als het gaat over seks en seksualiteit, zie je vaak de afkorting LHBTI (soms met nog meer letters). Deze letters staan voor **l**esbisch, **h**omoseksueel, **b**iseksueel, **t**ransgender en **i**ntersekse. In dit rijtje staan seksuele oriëntaties, maar ook woorden die niets te maken hebben met seks, namelijk transgender en intersekse. Deze aanduidingen gaan over gender en geslacht.

Het **geslacht** (man, vrouw of intersekse) zijn de lichamelijke geslachtskenmerken, zoals een penis of vulva. **Gender** bestaat uit de eigenschappen en gedragingen die mensen mannelijk of vrouwelijk vinden. Eenvoudige voorbeelden daarvan zijn: met poppen of met auto's spelen, een broek of een rok dragen, stoer of zorgzaam zijn.

Je gender is een optelsom van je geslacht, je identiteit (wie je bent, hoe je je voelt) en je expressie (hoe je je kleedt, hoe je je gedraagt). Dit zie je in afbeelding 3. Je seksuele oriëntatie zegt niets over je eigen gender, maar wel iets over het gender waar je op valt.

Bij een **transgender** persoon komt de genderidentiteit (gevoel) niet of niet helemaal overeen met het geslacht (lichaam). Als iemand zich ongemakkelijk voelt met het eigen geslacht, noem je dat **genderdysforie**. Sommige transgender personen kiezen voor geslachtsaanpassende operaties, waardoor het lichaam (geslacht) wel overeenkomt met de genderidentiteit.

Afb. 3 Gender is een optelsom.



Bron: www.gsanetwerk.nl.

EEN SEKSUELE RELATIE

Vaak word je in de puberteit voor het eerst echt verliefd. Je denkt dan de hele tijd aan die persoon en wilt graag bij diegene in de buurt zijn. Als je diegene ziet, krijg je een sterk, intens gevoel. Je wilt heel graag dat de ander jou ook leuk vindt. Misschien wil je diegene ook aanraken of zoenen.
Als je verliefd bent, wil je daar waarschijnlijk iets mee doen. In afbeelding 4 lees je tips om iemand te laten weten dat je diegene leuk vindt.

Afb. 4

Acht versiertips

1. Zoek oogcontact.
2. Zorg ervoor dat je 'toevallig' in de buurt komt.
3. Maak een praatje, laat merken dat je geïnteresseerd bent.
4. Glimlach (dat gaat waarschijnlijk vanzelf).
5. Geef complimentjes.
6. Raak de ander per ongeluk aan. Let op: geen ongewenste intimiteiten.
7. Leer de ander beter kennen via een chat.
8. Vraag een vriend of vriendin om te checken of het wederzijds is.

Bron: Lang leve de liefde magazine.

Als je verkering hebt, kun je zoenen, hand in hand lopen of elkaar aanraken. Het is belangrijk dat je weet wat de ander wel en niet wil. Misschien denken jullie hetzelfde over zoenen en vrijen. Praat daarover met elkaar. Stel elkaar vragen. Vertel ook dingen van jezelf. Het is niet raar als je iets (nog) niet wilt. En het is ook niet raar als je iets wel wilt. Seksualiteit en relaties ontdek je samen, in je eigen tempo. Doe niets wat je zelf (nog) niet wilt of wat de ander (nog) niet wil. Zo blijft het leuk voor jullie allebei.

Een gezonde relatie is wederzijds (je wilt het allebei) en gelijkwaardig (er is er niet één de baas). Ook heb je respect voor elkaar en je vertrouwt elkaar.

WENSEN EN GRENZEN

In een seksuele relatie zijn er dingen waarvan je hoopt dat ze gebeuren. Dat zijn je **wensen**. Er zijn ook dingen die je niet wilt of die je niet fijn vindt. Dat zijn je **grenzen**. Wensen en grenzen zijn heel persoonlijk. De een vindt tongzoenen fantastisch, de ander vindt het vies. Veel jongeren kennen hun eigen wensen en grenzen nog niet goed. In je eerste seksuele relatie(s) kun je ontdekken wat je wensen en grenzen zijn.

Soms merk je terwijl je bezig bent dat je iets niet fijn vindt. Je wordt onzeker, onrustig of je voelt je niet prettig. Dat betekent dat je een grens voelt bij jezelf. Als je voelt dat je een grens bereikt, neem dat gevoel dan serieus. Zeg het eerlijk tegen de ander. Als je verder gaat dan je eigenlijk wilt, heb je daar later spijt van.
Geeft je partner een grens aan, stop dan met wat je aan het doen bent. Voel je weerstand, maar weet je het niet zeker? Vraag dan of de ander het nog fijn vindt. Let ook op signalen, zoals niet aankijken of een afwerende houding. In afbeelding 5 lees je meer tips over wensen en grenzen.

Afb. 5

Wensen en grenzen respecteren

- Praat met elkaar over wat je wel en niet wilt.
- Laat zonder woorden merken wat je wel of niet wilt, bijvoorbeeld door iemands hand te sturen.
- Zeg het duidelijk als je iets niet wilt: 'Ik vind dit niet fijn, ik wil dit niet.'
- Zeg erbij wat de ander moet doen: 'Ik wil dat je daarmee stopt.'
- Als de ander jouw grens niet respecteert, is hij of zij je niet waard.

ONGEWENST GEDRAG

Een jongen die jou op de dansvloer aanraakt. Een meisje dat een sexy foto van jou aan iedereen laat zien. Je vriend of vriendin die tegen je zin met jou wil vrijen. Dit zijn voorbeelden van **seksueel grensoverschrijdend gedrag**: iemand maakt seksuele opmerkingen of verricht seksuele handelingen, terwijl jij dat niet wilt. Dit gedrag is niet oké. Je moet er iets van zeggen en hulp inroepen als diegene niet naar je luistert. Grenzen verschillen per persoon. Wat jij prima vindt, kan voor iemand anders grensoverschrijdend zijn.

Bij **ongewenste intimiteiten** raakt iemand je aan terwijl je dat niet wilt. Het kan ook gebeuren dat iemand je dwingt tot seksueel contact. Dit wordt **seksueel geweld** genoemd. Het slachtoffer wordt dan seksueel misbruikt. Bij **aanranding** worden met geweld of onder bedreiging seksuele handelingen verricht met een slachtoffer. Bij een **verkrachting** vindt ook geslachtsgemeenschap plaats. Aanranding of verkrachting door een familielid heet **incest**. Seksueel geweld is bij wet verboden en kan voor de daders leiden tot gevangenisstraf.
Seksueel geweld kan ook plaatsvinden via internet of chat (zie afbeelding 6).
Bijvoorbeeld: een meisje dwingt een jongen om zijn penis te laten zien voor de webcam.
Of een ex-vriendje dreigt naaktfoto's van een meisje te delen als zij niet doet wat hij wil.

Afb. 6 Seksueel geweld kan ook op internet of via chats plaatsvinden.

Een **loverboy** is iemand die eerst erg aardig doet tegen een meisje en haar verleidt met aandacht en dure cadeaus. Een loverboy zorgt ervoor dat zijn vriendin alleen nog maar met hem omgaat. Zo krijgt hij macht over haar. Uiteindelijk wil hij iets terug voor zijn 'liefde'. Hij dwingt het meisje tot prostitutie om er veel geld aan te verdienen. Zoek hulp als je denkt dat de vriend van een van je vriendinnen een loverboy is. Praat met iemand die je vertrouwt, zoals je ouders of een docent.

Slachtoffers van seksueel geweld hebben vaak veel last van emotionele of lichamelijke problemen. Het is belangrijk dat iemand daar niet mee rond blijft lopen, maar hulp zoekt.

In afbeelding 7 staan websites waar je meer kunt lezen over seksualiteit.

Afb. 7

Websites over seksualiteit

Over seks en seksualiteit
www.sense.info
www.canyoufixit.nl

Over gender, sekse en seksuele oriëntatie
www.gsanetwerk.nl
www.iedereenisanders.nl
www.coc.nl
www.colourground.nl
www.seksediversiteit.nl

Voor hulp bij seksueel geweld
www.kindertelefoon.nl
www.centrumseksueelgeweld.nl
www.stoploverboys.nu
www.verbreekdestilte.nl

KENNIS

1 Seksualiteit heeft verschillende functies.

a Wat is seksualiteit?

b Welke beschrijving hoort bij welke functie?

A	geslachtsgemeenschap, zwangerschap	○	○ 1 intimiteit
B	gevoel van verbondenheid in een liefdesrelatie	○	○ 2 lustbeleving
C	opwinding, lust, plezier	○	○ 3 voortplanting

c Zelfbevrediging (masturberen) is *wel* / *geen* seks.

d Zowel bij mannen als bij vrouwen kan prikkeling van een bepaald deel van het voortplantingsstelsel leiden tot een orgasme.
Om welk deel van het voortplantingsstelsel gaat het?

e Pornografie is bedoeld om mensen seksueel te prikkelen.
Wat is een nadeel van pornografie?

2 Hierna staan acht begrippen over seksuele oriëntatie en gender.
Welke omschrijving hoort bij het begrip?

A	aseksueel	○	○ 1 het geslacht komt niet overeen met het gevoel
B	biseksueel	○	○ 2 of iemand zich mannelijk, vrouwelijk of iets daartussenin voelt
C	genderidentiteit	○	○ 3 valt op mensen van alle genders
D	heteroseksueel	○	○ 4 valt op mensen van beide geslachten
E	homoseksueel	○	○ 5 valt op mensen van het andere geslacht
F	panseksueel	○	○ 6 valt op mensen van hetzelfde geslacht
G	transgender	○	○ 7 voelt geen seksuele aantrekking

3

a Wanneer is in een seksuele relatie je grens bereikt?

b Wat geldt voor een gezonde seksuele relatie?

- ☐ A Er is er één die de leiding heeft.
- ☐ B Je doet af en toe ook iets wat je niet fijn vindt.
- ☐ C Je hebt respect voor elkaar.
- ☐ D Je vertrouwt elkaar.

c Bij seksueel grensoverschrijdend gedrag kan iemand je aanraken terwijl je dat niet wilt. Hoe heet dit gedrag?

4

Samenvatting

Afbeelding 8 is het begin van een mindmap.
Maak de mindmap af.

Afb. 8

INZICHT

5

a Waarover heb je bij de puberteit, de vrouw en de man in basisstof 1, 2 en 3 vooral geleerd?

- ○ A genderexpressie
- ○ B genderidentiteit
- ○ C sekse
- ○ D seksuele oriëntatie

b Er zijn veel verschillende samenlevingen in de wereld en daardoor zijn er ook veel verschillende seksuele normen en waarden.
Op een website staat de zin: ‘In de meeste westerse culturen overheerst de voortplantingsvisie.’
Wat denk je dat er wordt bedoeld met deze zin?

c Verkering en huwelijk zijn manieren waarop twee mensen een relatie met elkaar kunnen hebben. De keuze voor een relatie moet passen bij de normen en waarden van een stel.
Noteer drie opvattingen die mensen kunnen hebben over relaties en geslachtsgemeenschap.

d Tegen een jong kind dat met zijn penis speelt, wordt soms gezegd dat hij dat niet moet doen omdat dat ‘vies’ is.
Welke functie van seksualiteit wordt hiermee ontkend?
- ○ A intimiteit
- ○ B lustbeleving
- ○ C voortplanting

e Met een virtualreality-bril op je hoofd kun je tegenwoordig porno ervaren alsof je echte seks hebt. Over een tijdje is het voor iedere volwassene met internet mogelijk om seks te hebben met de mooiste digitale modellen.
Wat zou een nadeel kunnen zijn van virtualreality-porno?

6

Soms wordt bij vrouwen onderscheid gemaakt tussen een orgasme dat ontstaat door stimulatie van de clitoris en een orgasme dat ontstaat door het bewegen van een penis in de vagina.

a Welk deel van de clitoris wordt gestimuleerd als een vrouw een orgasme krijgt door stimulering van de clitoris?

b Leg uit dat een orgasme dat bij een vrouw ontstaat door het bewegen van een penis in de vagina ook het gevolg is van stimulatie van de clitoris.

7

In deze opdracht ervaar je dat aanduidingen voor geslacht, gender en seksuele oriëntatie niet altijd eenduidig zijn. Het gaat dus niet om het juiste antwoord.
Bespreek elke vraag met twee klasgenoten. Bedenk dat iedereen anders is en zichzelf moet kunnen zijn zonder zich daarvoor te schamen, verdedigen of verantwoorden.

a Bekijk afbeelding 9.1. Jett Rebel is een Nederlandse zanger, componist en multi-instrumentalist. Jett Rebel zegt dat hij het ‘kortzichtig’ van zichzelf vindt dat hij niet biseksueel is en alleen op vrouwen valt.
Wat geldt volgens jou voor Jett Rebel?
Sekse: *man* / *vrouw* / *intersekse*
Seksuele oriëntatie: valt op *man* / *mens* / *vrouw* / *aseksueel*
Genderexpressie: *mannelijk* / *neutraal* / *vrouwelijk*
Genderidentiteit: *man* / *neutraal* / *vrouw*

b Bekijk afbeelding 9.2. Marieke Lucas Rijneveld (geboren als Marieke Rijneveld) is een Nederlandse schrijver en dichter. Ze is ook regelmatig ‘tafelmens’ bij een tv-programma. Ze twijfelt of ze meisje of jongen wil zijn, maar voelt zich vooral nog een kind.
Wat geldt volgens jou voor Marieke Lucas Rijneveld?
Sekse: *man* / *vrouw* / *intersekse*
Seksuele oriëntatie: valt op *man* / *mens* / *vrouw* / *aseksueel*
Genderexpressie: *mannelijk* / *neutraal* / *vrouwelijk*
Genderidentiteit: *man* / *neutraal* / *vrouw*

Afb. 9

1 Jett Rebel

2 Marieke Lucas Rijneveld

3 Brendon Urie

4 Caitlyn Jenner

c Bekijk afbeelding 9.3. Brendon Urie is de leadzanger van de band Panic! at the Disco. In een interview liet de zanger weten dat hij niets geeft om gender: ‘Ik ben gehuwd met een vrouw, maar ik ben niet tegen een man, omdat ik op personen val. Ik voel me ook erg aangetrokken tot mannen, ook seksueel. Het is nooit raar geweest voor mij.’
Wat geldt volgens jou voor Brendon Urie?
Sekse: *man* / *vrouw* / *intersekse*
Seksuele oriëntatie: valt op *man* / *mens* / *vrouw* / *aseksueel*
Genderexpressie: *mannelijk* / *neutraal* / *vrouwelijk*
Genderidentiteit: *man* / *neutraal* / *vrouw*

d Bekijk afbeelding 9.4. Caitlyn Jenner is geboren als jongen maar voelt zich vrouw. Sinds 2015 is ze voor de wet vrouw. Ze heeft een relatie met een jongere vrouw.
Wat geldt volgens jou voor Caitlyn Jenner?
Sekse: *man* / *vrouw* / *intersekse*
Seksuele oriëntatie: valt op *man* / *mens* / *vrouw* / *aseksueel*
Genderexpressie: *mannelijk* / *neutraal* / *vrouwelijk*
Genderidentiteit: *man* / *neutraal* / *vrouw*

8

In de tabel staan enkele uitspraken.

- Geef aan of je het met de uitspraak eens bent of oneens.
- Vergelijk je keuze daarna met die van drie klasgenoten en bespreek de redenen van de overeenkomsten en verschillen.

Uitspraak	Eens	Oneens
Als een jongen een meisje naar huis brengt, mag hij daarvoor een beloning verwachten.		
Als een meisje zich uitdagend kleedt, lokt ze aanranding of verkrachting uit.		
Als je baas steeds zijn arm om je schouder legt, moet je dat wel toestaan.		
Een meisje kan best een jongen versieren.		
Het belangrijkst bij seks is dat je het zelf leuk hebt.		
Je kunt als meisje beter niet ’s avonds laat alleen over straat fietsen.		
Je kunt een loverboy meteen herkennen aan zijn gedrag.		

9

Als je een aanranding of een verkrachting hebt meegemaakt, kun je terecht bij het Centrum Seksueel Geweld. Artsen, verpleegkundigen, politie en andere hulpverleners werken hierin samen om de juiste zorg te verlenen.

a Welke zorg kan een arts je verlenen na een aanranding of verkrachting?
b Welke zorg kan een psycholoog je verlenen?
c Welke zorg kan de politie verlenen?

+ 10

Genderdysforie-kinderen worstelen met hun genderidentiteit. Het is voor deze kinderen niet duidelijk wat ze nou precies zijn: een jongen, een meisje of iets ertussenin. In het Amsterdamse VUmc worden kinderen behandeld bij wie gevoel en gedrag niet overeenstemmen met hun geboortegeslacht. Het gaat om jongens die liever een meisje willen zijn en meisjes die liever een jongen willen zijn.

a Vanaf ongeveer 12 jaar krijgen deze kinderen puberteitsremmers. Dat zijn hormonen die voorkomen dat een kind in de puberteit komt.
Leg uit waarom de puberteit bij deze kinderen wordt geremd.

b Wanneer jongeren kiezen voor geslachtsverandering, krijgen zij vanaf hun 16e jaar hormonen om het gewenste geslacht te krijgen. Twee jaar later volgt de geslachtsaanpassing door operaties. Deze vroege behandeling geeft een beter cosmetisch resultaat dan bij mensen die op latere leeftijd voor geslachtsverandering kiezen. Dat voorkomt veel teleurstelling en psychisch leed, vooral voor de jongens die zich een meisje voelen.
Leg uit waardoor geslachtsverandering bij mannen op latere leeftijd teleurstelling en psychisch leed kan veroorzaken.

SAMENHANG leefwereld

SEXTING IS GRENZELOOS

Sexting is een combinatie van de Engelse woorden ‘sex’ (seks) en ‘texting’ (sms’jes verzenden). Sexting is het verzenden (en ontvangen) van seksueel getinte foto’s, filmpjes of tekstberichten via social media met behulp van een mobiele telefoon of computer. Ook het hebben van ‘virtuele seks’ via bijvoorbeeld Skype valt onder de term sexting.
Een op de vijf jongeren stuurt weleens een pikante foto naar een ander. Dat kan leuk en spannend zijn, maar het is ook gevaarlijk. Wanneer een sexy foto of pikant filmpje van jou door anderen wordt verspreid via social media, verlies je er de controle over. Dit kan grote gevolgen hebben. Denk aan (cyber)pesten, schooluitval, schaamte, chantage, problemen bij het vinden van een baan, angst, onzekerheid en andere vormen van ernstig persoonlijk leed. In sommige gevallen heeft het zelfs tot zelfdoding geleid.

Afb. 10

11 Lees de tekst ‘Sexting is grenzeloos’.

a Mensen die sexy foto’s of filmpjes ongewenst verspreiden, plegen een strafbaar feit. Hoe noem je het gedrag van deze mensen?

b De politie adviseert jongeren om helemaal geen sexy materiaal te versturen. Dan kan je foto of filmpje niet worden doorgestuurd en kan de rest van de wereld je niet veroordelen.
Waarom vinden veel mensen dit geen goed advies? Bespreek je antwoord met klasgenoten.

c Een 14-jarige jongen en 15-jarig meisje zijn vervolgd voor sexting. Ze verspreidden een naaktfoto van een 14-jarige jongen, die zich uit schaamte van het leven beroofde door van een flat te springen. Het slachtoffer heeft gesmeekt op te houden met de verspreiding van de foto, maar de jongen en het meisje besloten de volgende dag de foto op Instagram te zetten en het slachtoffer in het bericht te taggen.
Vind je het terecht dat de jongen en het meisje worden vervolgd voor sexting? Leg je antwoord uit. Bespreek je antwoord met klasgenoten.

d Uit het politiedossier blijkt dat de aangeklaagde jongen onder een valse meisjesnaam (Alicia) een Snapchat-account had aangemaakt. Via dit account had hij contact met het slachtoffer en werden er foto’s uitgewisseld. Het slachtoffer stuurde ook een naaktfoto van zichzelf, waarop hij volledig herkenbaar is te zien met een erectie. Verandert dit gegeven je antwoord op vraag c? Leg je antwoord uit. Bespreek je antwoord met klasgenoten.

e De makers van een tv-programma voor jongeren vinden het niet verkeerd om foto’s te versturen via social media die een ander kunnen opwinden. Maar dan wel safe: foto’s zonder hoofd. De actie ‘#Posten met #geenhoofd!’ moet ervoor zorgen dat de negatieve gevolgen van sexting verminderen.
Wat vind jij van safe sexting? Verklaar je mening. Bespreek jouw mening met klasgenoten.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

5 Veilig vrijen

LEERDOELEN

4.5.10 Je kunt enkele methoden voor geboorteregeling noemen en hun werking uitleggen.
4.5.11 Je kunt enkele soa's noemen en uitleggen hoe je die kunt voorkomen.

- Leren onderzoeken 1
- Practica 3 en 4

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	4.5.10	4.5.11
Onthouden	1abcd, 2, 5a	3b
Begrijpen	1e, 4	3acd, 4
Toepassen	5bcd, 7	8a
Analyseren	6, 9, 10	8b

Door geslachtsgemeenschap kan een vrouw zwanger worden. Als dat niet de bedoeling is, gebruik je voorbehoedsmiddelen. Een condoom beschermt ook tegen besmetting met een geslachtsziekte.

ANTICONCEPTIE

Geboorteregeling betekent dat een vrouw, meestal samen met een man, bepaalt of zij een kind wil of niet. Als een vrouw niet zwanger wil worden, kan zij en/of de man voorbehoedsmiddelen of **anticonceptiemiddelen** gebruiken. Anti betekent 'tegen' en conceptie betekent 'bevruchting'. Bij bevruchting smelt de kern van een zaadcel samen met de kern van een eicel. Daardoor ontstaat een bevruchte eicel. Uit de bevruchte eicel kan in de baarmoeder een kind groeien.

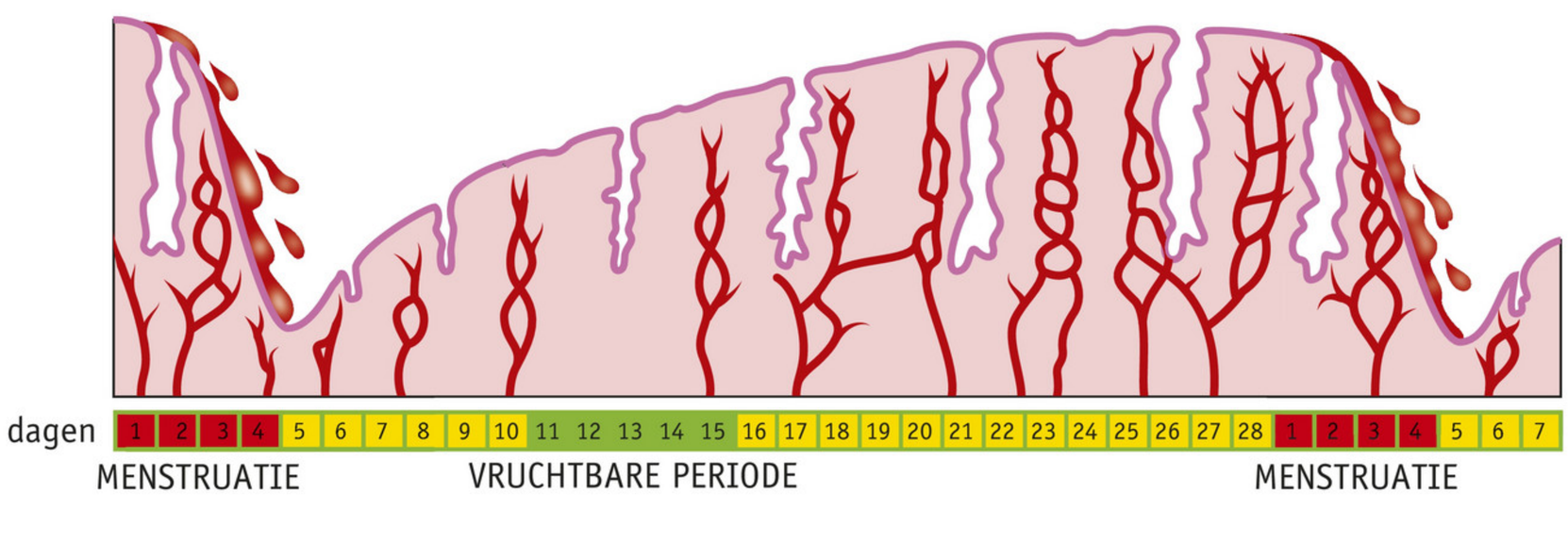
Afb. 1 Een condoom en de pil.

Voorbehoedsmiddelen voorkomen dat bevruchting plaatsvindt. De bekendste voorbehoedsmiddelen zijn het condoom en de anticonceptiepil (zie afbeelding 1). Vooral de pil is betrouwbaar. Dat betekent dat de kans dat een vrouw zwanger wordt, heel erg klein is als ze de pil gebruikt.

ONBETROUWBARE METHODEN

Na de ovulatie blijft een onbevruchte eicel maar 12 tot 24 uur in leven. Zaadcellen kunnen na een zaadlozing in het lichaam van een vrouw twee tot drie dagen in leven blijven. Elke vier weken is er dus maar een korte periode van ongeveer vijf dagen waarbinnen geslachtsgemeenschap kan leiden tot bevruchting. Dit noem je de vruchtbare periode. Deze duurt van ongeveer drie dagen voor de ovulatie tot ongeveer één dag na de ovulatie (zie afbeelding 2).

Afb. 2



Een van de oudste methoden om zwangerschap te voorkomen, is **periodieke onthouding**. Hierbij hebben een man en een vrouw geen geslachtsgemeenschap in de vruchtbare periode van ongeveer vijf dagen. Meestal kun je niet precies vaststellen wanneer de ovulatie plaatsvindt. Bij sommige vrouwen vindt de ovulatie eerder of later plaats dan gemiddeld. Daardoor is periodieke onthouding erg onbetrouwbaar. Dat betekent dat een vrouw toch zwanger kan worden. Vooral vrouwen met een onregelmatige menstruatiecyclus kunnen gemakkelijk zwanger raken zonder dat ze dat willen.

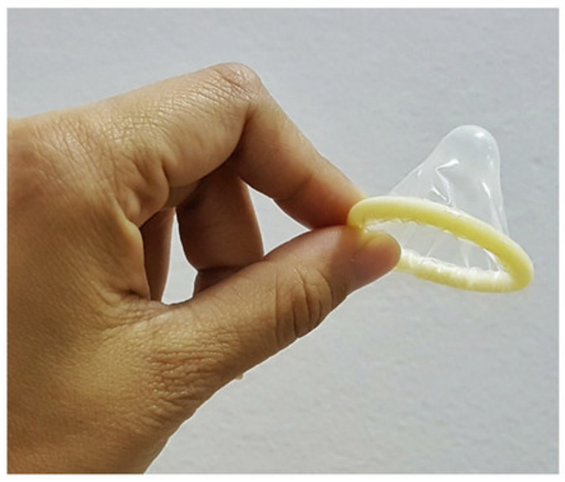
Een andere onbetrouwbare methode is **coïtus interruptus** (**onderbroken geslachtsgemeenschap**). Hierbij trekt de man zijn penis uit de vagina terug als hij zijn zaadlozing voelt aankomen. De zaadlozing vindt dan buiten de vagina plaats. Maar voor het sperma kan er al voorvocht uit de penis komen. In dit voorvocht zitten vaak ook zaadcellen. Daardoor is deze methode erg onbetrouwbaar.

HET CONDOOM

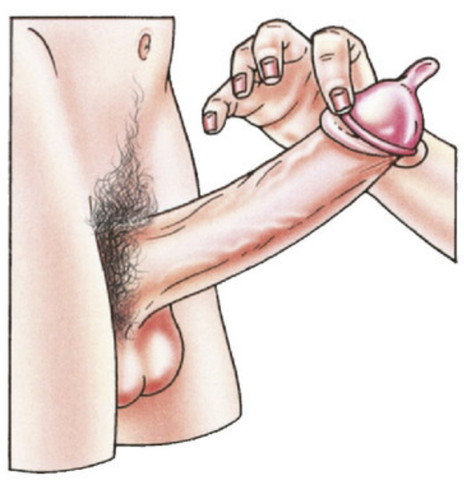
Een **condoom** is een hoesje van dun rubber dat om de penis in erectie wordt geschoven (zie afbeelding 3 en 4). Het sperma wordt opgevangen in het condoom, zodat het niet in de vagina komt. Na gebruik controleer je of het condoom niet lek is geraakt. Daarna leg je er een knoop in en gooi je hem in de vuilnisbak.

Afb. 3 Condooms koop je bij de drogist.

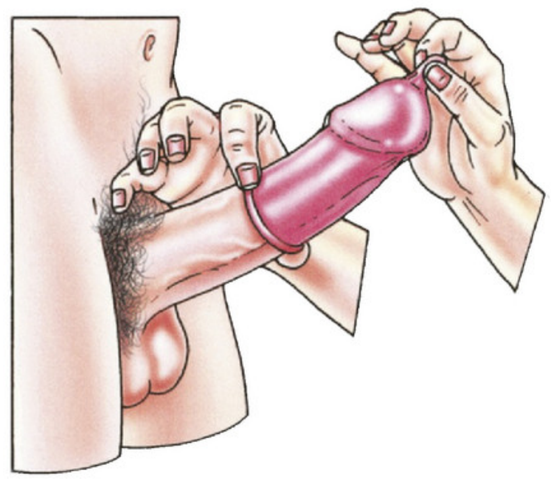
Afb. 4 Het gebruik van een condoom.



1 Haal het condoom uit de verpakking.



2 Plaats het condoom om de eikel.



3 Houd het topje van het condoom vast en rol met de andere hand het condoom over de penis.

Condooms zijn gemakkelijk, goedkoop en redelijk betrouwbaar. Een condoom mag je maar één keer gebruiken. Een nadeel is dat je het vrijen moet onderbreken om het condoom om te doen. Een voordeel is dat een condoom bescherming biedt tegen het overbrengen van ziekteverwekkers.

Gebruik alleen condooms met het CE-veiligheidskeurmerk (zie afbeelding 5). Let ook op de houdbaarheidsdatum op de verpakking. Funcondooms (zie afbeelding 6) zijn gemaakt voor de grap. Ze zijn niet geschikt om er veilig mee te vrijen.

Afb. 5 CE-keurmerk en houdbaarheidsdatum.

Afb. 6 Funcondoom (niet veilig).

DE PIL

De **pil** (**anticonceptiepil**) is het meest gebruikte voorbehoedsmiddel. In de pil zitten hormonen die voorkomen dat een vrouw zwanger wordt. De hormonen zorgen ervoor dat er geen eicel vrijkomt (geen ovulatie). Daarnaast maken de hormonen het slijm in de baarmoederhals dikker, waardoor zaadcellen er minder goed doorheen kunnen. Ook hebben de hormonen invloed op de baarmoederwand, waardoor een bevruchte eicel daar geen plaats vindt om te gaan groeien. De pil is een zeer betrouwbaar voorbehoedsmiddel.

De pil moet dagelijks worden ingenomen, meestal met een onderbreking van één week per vier weken. In de week waarin wordt gestopt, vindt een lichte menstruatie plaats. Daarom wordt de pil soms ook voorgeschreven aan meisjes of vrouwen met een erg pijnlijke of onregelmatige menstruatie.

De tabletten zitten in een strip waarop de dagen van de week zijn aangegeven (zie afbeelding 7). Daardoor weet een vrouw het meteen als ze een dag vergeten is de pil in te nemen. Als je een pil vergeet, ben je tot de volgende menstruatie *niet* volledig beschermd tegen zwangerschap.

Als je voor het eerst de pil wilt gaan gebruiken, heb je een recept nodig van de huisarts. Daarna kun je de pil steeds halen bij de apotheek. De huisarts en de apotheek geven informatie over de werking en het gebruik van de pil.

Afb. 7 Verschillende anticonceptiepillen.

NOODMAATREGELEN

Soms gaat er iets mis. Een vrouw kan na de seks ontdekken dat ze is vergeten de pil in te nemen. Een condoom kan scheuren of afglijden. In zulke gevallen zijn er noodmaatregelen mogelijk om een zwangerschap te voorkomen. Ook als een vrouw is gedwongen tot geslachtsgemeenschap kan ze deze maatregelen toepassen.

De **morning-afterpil** is een pil die grote hoeveelheden hormonen bevat. De pil moet binnen drie dagen (72 uur) na de geslachtsgemeenschap worden geslikt. De morning-afterpil werkt het best als deze binnen twaalf uur na de geslachtsgemeenschap wordt geslikt. Een vrouw kan erg misselijk worden van de morning-afterpil. Ze moet dan opletten dat de pil niet door overgeven weer naar buiten komt. De morning-afterpil is zonder recept verkrijgbaar bij drogist en apotheek, maar mag niet te vaak worden gebruikt. Het is geen voorbehoedsmiddel, maar een noodmaatregel.

Wanneer een vrouw zwanger is, wordt ze niet ongesteld. Na de eerste dag waarop de menstruatie had moeten plaatsvinden, is ze **overtijd**. Om zeker te weten dat ze zwanger is, kan ze naar de huisarts gaan of een zwangerschapstest doen (zie afbeelding 8). Ze plast over het uiteinde van de stick. De test meet de hormonen in de urine en geeft aan of de vrouw zwanger is of niet.

Afb. 8 Zwangerschapstest.

Een vrouw die onbedoeld zwanger is geworden, kan ervoor kiezen de zwangerschap af te breken. Ze kiest dan voor een **abortus**. Ook medische redenen of praktische problemen kunnen aanleiding zijn om te kiezen voor een abortus. De FIOM (www.fiom.nl) kan helpen bij deze beslissing.
Als een vrouw minder dan zestien dagen overtijd is, kan een abortus direct plaatsvinden. Is ze langer overtijd, dan geldt een wettelijke bedenktijd van vijf dagen. De bedenktijd gaat in op het moment dat een vrouw haar keuze bespreekt met een (huis)arts.

Abortus is toegestaan tot de 24e week van de zwangerschap. In de praktijk houden artsen 22 weken aan. De methode hangt onder andere af van hoelang de vrouw zwanger is. Tot en met de 7e week kan een abortuspil worden geslikt. Vanaf de 8e week wordt de baarmoeder leeggezogen met een zuigpompje. Na de 13e week van de zwangerschap is de ingreep zwaarder.

In Nederland is abortus (onder voorwaarden) toegestaan, gratis en veilig. Dat is niet overal zo. Over abortus wordt namelijk heel verschillend gedacht. Sommige mensen vinden dat een vrouw zelf mag kiezen (‘baas in eigen buik’, zie afbeelding 9.1). Anderen noemen het moord op een ongeboren kind (zie afbeelding 9.2). Voor weer anderen hangt het ervan af hoe een vrouw zwanger is geraakt.

Afb. 9 Verschillende standpunten over abortus.

1

2

SOA

Er zijn ziekten die je alleen kunt krijgen via intiem lichamelijk contact met een besmet persoon. Deze ziekten noem je **seksueel overdraagbare aandoeningen** (**soa's**) of **geslachtsziekten**. Besmetting kan plaatsvinden door geslachtsgemeenschap en door ander seksueel contact tussen geslachtsorganen, mond of anus. Je kunt géén soa oplopen door een vies toilet of door te drinken uit het glas van een ander. De ziekteverwekkers van soa's gaan buiten het lichaam van een mens namelijk snel dood. De meest voorkomende soa in Nederland is chlamydia (zie tabel 1). Aids is misschien het meest bekend, maar komt veel minder vaak voor. Bij chlamydia is de ziekteverwekker een bacterie, bij aids een virus. Om te weten of je besmet bent met chlamydia, hiv of een andere soa, kun je een **soa-test** doen. Dat kan bij een soa-centrum van de GGD.

Tabel 1 Aantal diagnoses in Nederland in 2018.

Soa	Bij CSG's*	Bij de huisarts	Totaal
Chlamydia	21 021	39 800	60 821
Genitale wratten	1 314	41 900	43 214
Genitale herpes	426	25 800	26 226
Gonorroe	7 362	9 500	16 862
Syfilis	1 224	onbekend	(1224)
Hiv	249	onbekend	(249)
Hepatitis B en C	112	51 (huisarts + ziekenhuizen)	163

* *CSG staat voor Centrum Seksuele Gezondheid, bijvoorbeeld bij de GGD of Sense.*

Bron: RIVM, Sexually transmitted infections in the Netherlands in 2018.

CHLAMYDIA

De bacterie die **chlamydia** veroorzaakt, komt vooral voor bij mensen tussen 15 en 30 jaar. Bij twee derde van de besmette meisjes en bij de helft van de besmette jongens veroorzaakt de bacterie geen ziekteverschijnselen. Deze personen merken niets van de besmetting, maar kunnen chlamydia wel overdragen op mensen met wie ze seksueel contact hebben. De chlamydiabacterie kan een ontsteking veroorzaken van de anus, de baarmoedermond en de urinebuis. Een jongen merkt dat aan een (waterige) afscheiding uit de penis, pijn bij het plassen en pijn in de balzak. Een meisje merkt dat aan pijn bij het plassen, pijn bij het vrijen en pijn in de onderbuik. Als chlamydia niet tijdig wordt behandeld, kan de ontsteking uitbreiden naar de eileiders of bijballen. Een vrouw kan daardoor onvruchtbaar worden (ze kan dan geen kinderen krijgen).

HIV

Aids wordt veroorzaakt door een virus, **hiv** (human immunodeficiency virus). Iemand kan besmet zijn zonder dat er ziekteverschijnselen optreden. Als iemand besmet is met hiv, is diegene **seropositief**. Je kunt het virus oplopen door onveilige seks (zonder condoom) via bloed, sperma, vaginaal vocht of voorvocht van een besmette persoon.
Een seropositieve persoon moet zo snel mogelijk **hiv-remmers** slikken. Deze medicijnen remmen de vermenigvuldiging van het virus in het lichaam. Genezing van een hiv-infectie is niet mogelijk. Hoe later men start met hiv-remmers, hoe groter de kans om aids te krijgen. Aids kan dodelijk zijn.
Bij **aids** is het afweersysteem van de besmette persoon aangetast. Hierdoor wordt deze persoon vatbaar voor allerlei ziekten, zoals darm- en longontstekingen of huidkanker. Iemand met aids kan zelfs meerdere ziekten tegelijk krijgen. Aids heeft dus geen specifieke ziekteverschijnselen.

KENNIS

1

a Wat is de functie van anticonceptiemiddelen?
b Vul de juiste tijdsduur in. Kies uit: *1 dag – 2 tot 3 dagen – 3 tot 4 dagen – 5 dagen*.

- Eicellen leven .....
- Zaadcellen leven in het lichaam van een vrouw .....
- Bij periodieke onthouding heeft een stel geen geslachtsgemeenschap gedurende .....

c Bij periodieke onthouding heeft een stel geen geslachtsgemeenschap tijdens de *menstruatie* / *ovulatie* / *vruchtbare periode*. Deze manier van anticonceptie is *betrouwbaar* / *onbetrouwbaar*.
d Waardoor is coïtus interruptus geen betrouwbare manier van anticonceptie?
e Leg uit dat een man voldoende zelfbeheersing moet hebben voor coïtus interruptus.

2

a Condooms met het CE-veiligheidskeurmerk zijn *niet* / *redelijk* / *zeer* betrouwbaar.
b Hoe voorkomt de pil dat een vrouw zwanger wordt?
c Als een vrouw een pil vergeet, is ze tot de volgende menstruatie *wel* / *niet* volledig beschermd tegen zwangerschap.
d Nadat ze seks heeft gehad met haar vriend ontdekt Rosan dat ze de pil is vergeten te slikken. Als Rosan niet zwanger wil raken, moet ze de morning-afterpil slikken binnen ..... dagen na de geslachtsgemeenschap.
e Abortus is toegestaan tot week ..... van de zwangerschap.

3

a Chlamydia is de meest voorkomende soa in Nederland.
Leg uit waardoor chlamydia zo vaak voorkomt.
b Chlamydia wordt veroorzaakt door een *bacterie* / *virus*.
Aids wordt veroorzaakt door een *bacterie* / *virus*.
c Wanneer de afweer verzwakt is en het lichaam ziekteverwekkers niet goed meer kan bestrijden, is iemand besmet met *aids* / *chlamydia* / *gonorroe* / *hiv* / *syfilis*.
d Als iemand seropositief is, heeft die persoon *wel* / *geen* aids.
Medicijnen kunnen de ziekte *genezen* / *vertragen*.

4

Samenvatting

Vul afbeelding 10 in.

Afb. 10

Geboorteregeling:

- Onbetrouwbare methoden:
- Veelgebruikte methoden:
- Noodmaatregelen:

Soa's:

- Kun je alleen krijgen via:
- Voorkom je door:

Chlamydia:

- Kan bij vrouwen leiden tot:

Aids:

- Het afweersysteem:
- Besmetting:
- Seropositief:

INZICHT

5

In afbeelding 11 is de menstruatiecyclus van een vrouw schematisch getekend. Haar cyclus is heel regelmatig en duurt steeds 28 dagen.

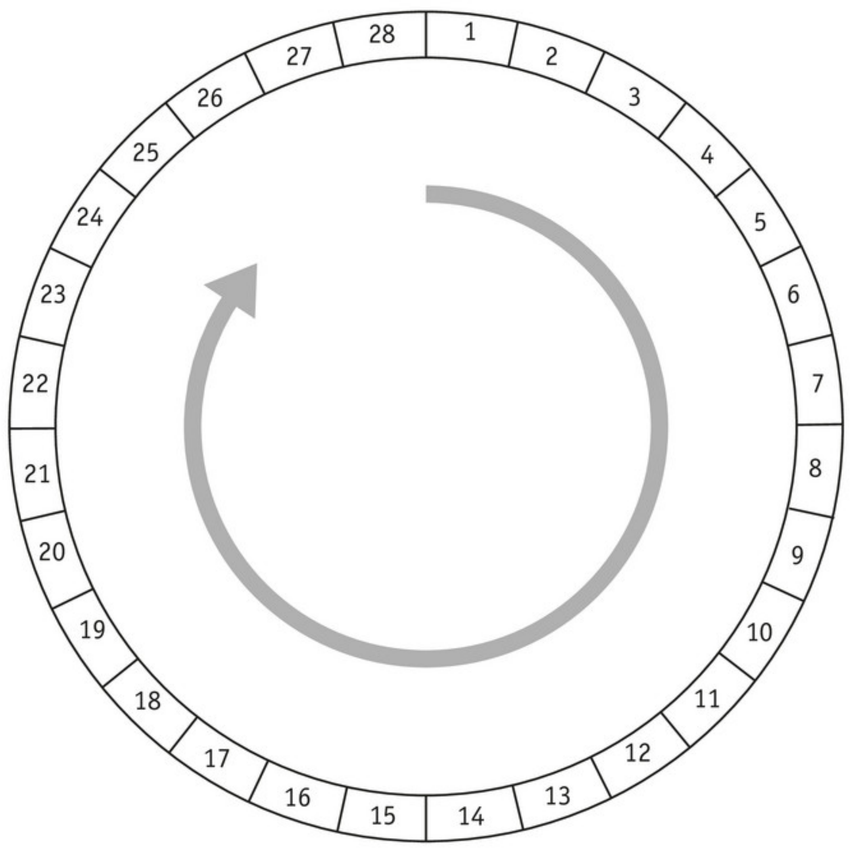
a De eerste vijf dagen is zij ongesteld. Kleur deze dagen rood.

b Kleur de dag waarop waarschijnlijk ovulatie plaatsvindt groen.

c Kleur de dagen waarop geslachtsgemeenschap kan leiden tot bevruchting van de eicel blauw. Geef deze dagen aan met: *vruchtbare periode*.

d Op dag 11 van de menstruatiecyclus heeft nog geen ovulatie plaatsgevonden. Leg uit waardoor geslachtsgemeenschap op dag 11 kan leiden tot bevruchting.

Afb. 11

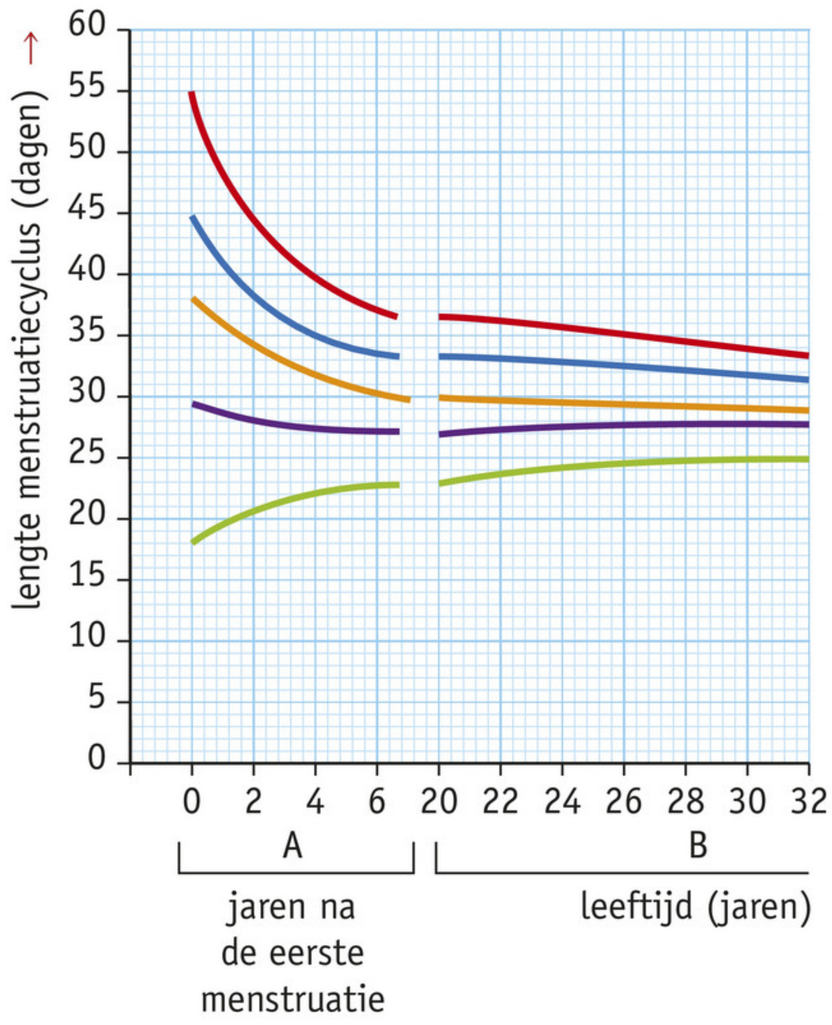


6

a In afbeelding 12 is van vijf vrouwen de lengte van de menstruatiecyclus per leeftijd weergegeven.
Op welke leeftijd is periodieke onthouding het meest onbetrouwbaar: op 16-jarige leeftijd of op 32-jarige leeftijd? Leg je antwoord uit.

b Met een ovulatietest kan een vrouw haar vruchtbare dagen bepalen. Een ovulatietest meet de hoeveelheid hormonen in de urine van een vrouw die zorgen voor de ovulatie.
Leg uit waarom een ovulatietest veel nauwkeuriger is dan de kalendermethode, waarbij met behulp van de kalender wordt vastgesteld wanneer de ovulatie plaatsvindt.

Afb. 12 Lengte van de menstruatiecyclus van vijf vrouwen.



7

Er zijn verschillende soorten anticonceptiepillen verkrijgbaar. In afbeelding 13 zie je een deel van de bijsluiter van een bepaalde pil. Dit deel van de bijsluiter geeft aan wat een vrouw kan doen als ze een pil is vergeten.
In afbeelding 14 zie je drie vrouwen. Ze zijn alle drie een of meer pillen vergeten.
In het schema van afbeelding 13 staan vijf keuzen aangegeven met de letters A tot en met E.

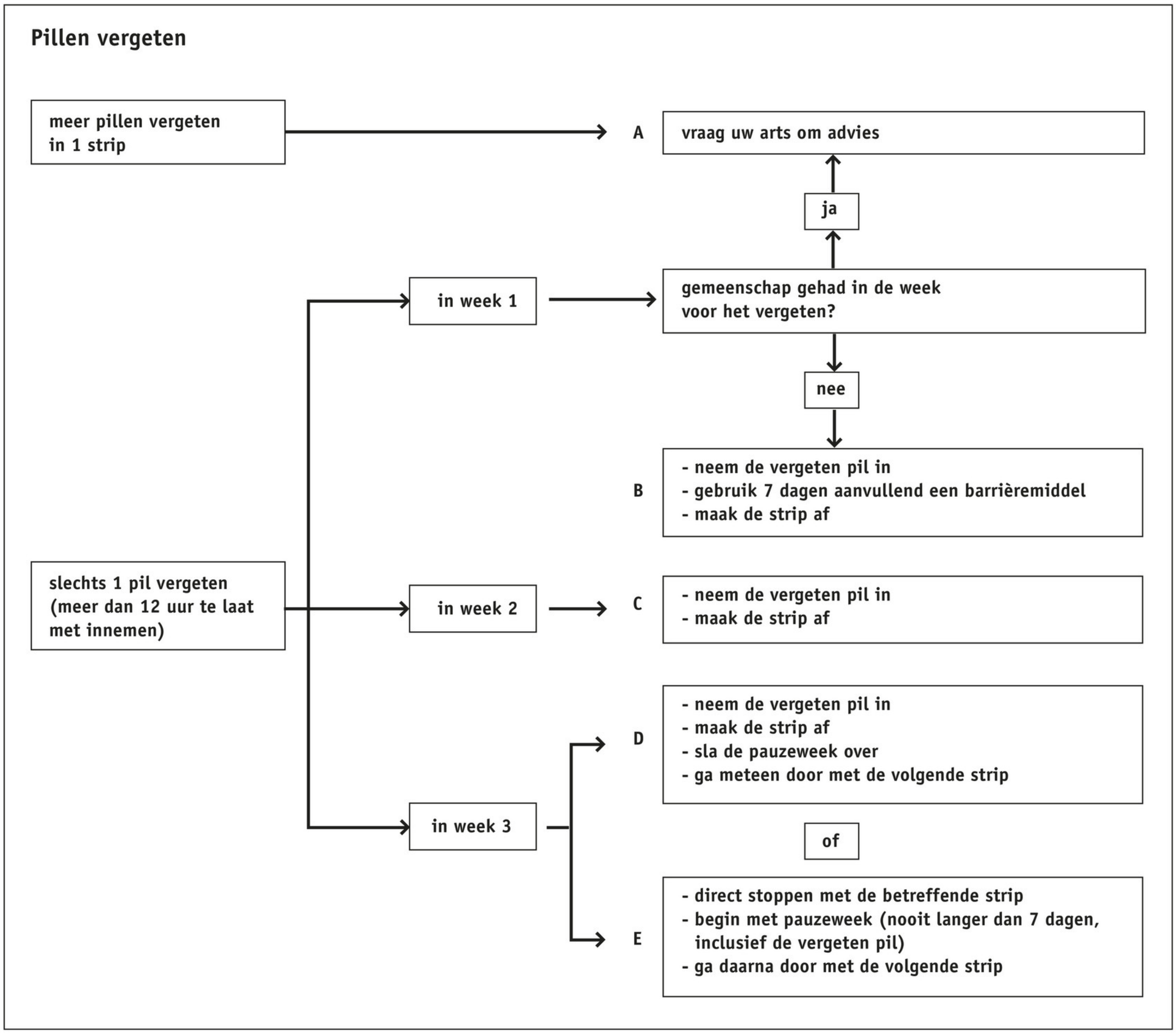
a Welke keuze(n) kan ieder van deze vrouwen maken om zwangerschap te voorkomen?
Lieve: *A / B / C / D / E*
Wai Yan: *A / B / C / D / E*
Suzy: *A / B / C / D / E*

b Wai Yan is bang dat ze zwanger is en is van plan om op dinsdag naar de huisarts te gaan.
Is ze nog op tijd voor de morning-afterpil? Leg je antwoord uit.

c Voordat Wai Yan de pil gebruikte, ging ze ervan uit dat ze bij geslachtsgemeenschap de volgende dag altijd nog de morning-afterpil kon halen.
Waarom is dit niet verstandig?

d Jantie blijkt negen weken zwanger te zijn. De zwangerschap is ongewenst. Ze ondergaat abortus met een zuigpompje.
Welke delen worden weggezogen uit de baarmoeder?

Afb. 13



Afb. 14

Op maandagavond ontdekt Lieve dat ze zondagavond de pil is vergeten. De afgelopen weken heeft ze geen geslachtsgemeenschap gehad.

Op maandagavond ontdekt Wai Yan dat ze zaterdagavond en zondagavond de pil is vergeten terwijl ze op zondagavond geslachtsgemeenschap had.

Op maandagavond ontdekt Suzy dat ze zondagavond de pil is vergeten. Op de vrijdag ervoor heeft ze geslachtsgemeenschap gehad.

8

a De organisatie Soa Aids Nederland richt zich op de seksuele gezondheid van jongeren.
Welke actie past bij welk probleem?

A	Chlamydia is de meest voorkomende soa onder jongeren.	○	○ 1 aandacht voor het voorkomen van zwangerschap
B	In 2018 kregen 1984 meisjes onder de 20 jaar een kind.	○	○ 2 gratis testmogelijkheid op chlamydia voor jongeren tot 25 jaar
C	Veel meisjes hebben ervaring met grens-overschrijdend gedrag.	○	○ 3 jong aanleren van seksueel gezond gedrag, zoals condoomgebruik om soa's te voorkomen
D	Voor een op de drie jongeren komt de eerste keer onverwacht.	○	○ 4 stimuleren van weerbaarheid onder jongeren en het bevorderen van gezond seksueel gedrag

b Over soa's bestaan allerlei fabels.
Welke beweringen zijn juist?

- ☐ A Als je een keer een soa hebt gehad, krijg je diezelfde soa nooit meer.
- ☐ B Als je partner een soa heeft, zie je dat meteen.
- ☐ C Een soa gaat vanzelf over.
- ☐ D Je kunt een ander besmetten met een soa als je zelf geen klachten hebt.
- ☐ E Lesbische meisjes kunnen elkaar niet besmetten met een soa.
- ☐ F Van een soa kun je onvruchtbaar worden.

+ 9

Lees de tekst 'hCG' in afbeelding 15.

a Tot 1969 bepaalden kikkers of een vrouw zwanger was (de kikkerproef). Mannelijke kikkers kregen urine van mogelijk zwangere vrouwen ingespoten. Als een vrouw zwanger was, produceerde de kikker drie uur later zaadcellen.
Leg uit hoe dit kan.

b In het lichaam van sommige zwangere vrouwen wordt niet voldoende hCG aangemaakt.
Welke gevolgen kan dit hebben voor de bevruchte eicel?

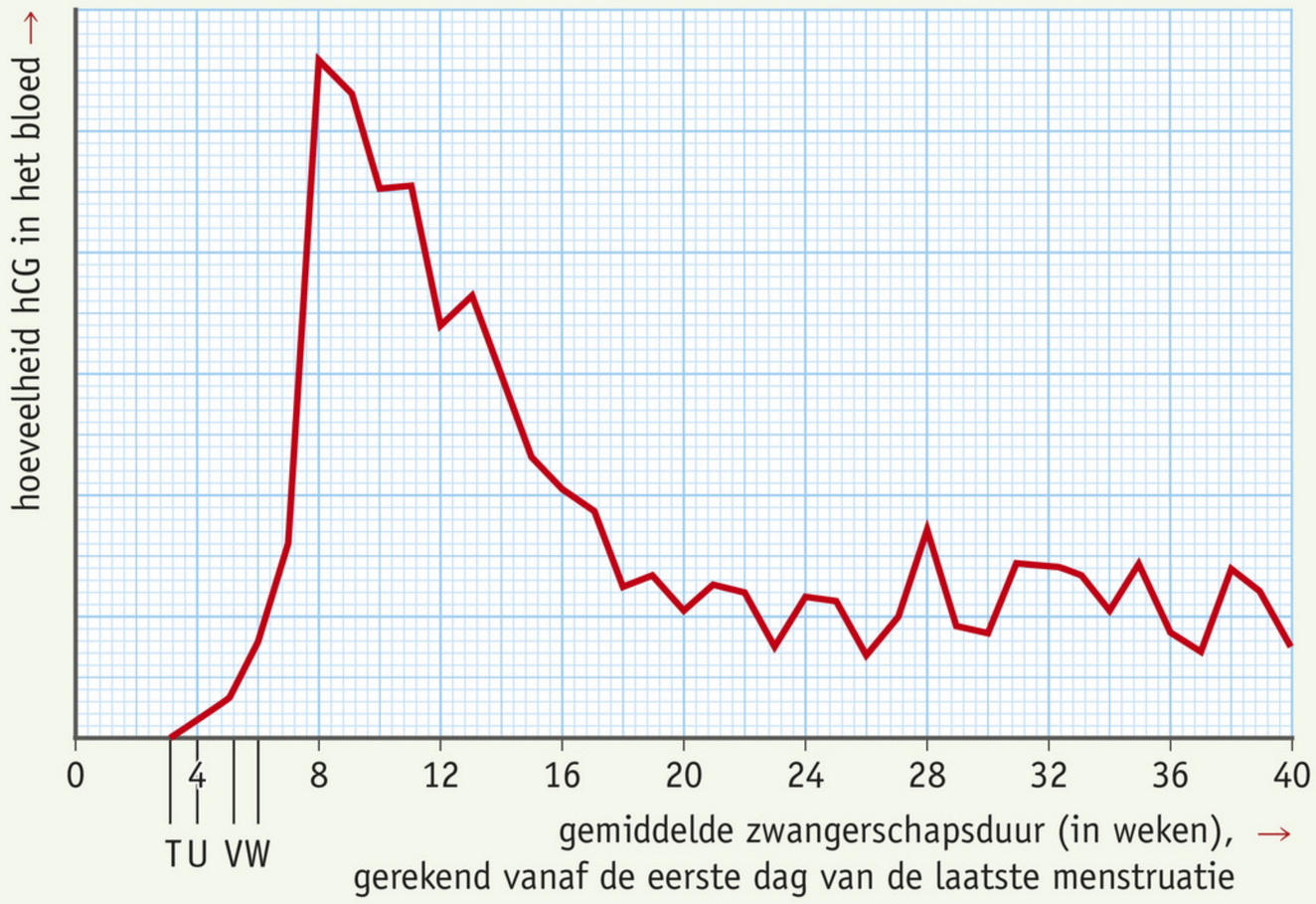
c In de grafiek zijn de veranderingen weergegeven in de hoeveelheid hCG in het bloed van een zwangere vrouw. Vier tijdstippen worden met een letter aangegeven.
Leg uit waardoor de productie van hCG begint op tijdstip T.

d Een zwangerschapstest kan hCG in je urine meten vanaf ongeveer 28 dagen nadat je laatste menstruatie is begonnen, maar geadviseerd wordt om pas na vijf weken een test te doen.
Leg met behulp van de informatie in de grafiek uit waarom je beter na vijf weken een zwangerschapstest kunt doen.

Afb. 15

hCG

Als een vrouw het hormoon hCG in haar bloed of urine heeft, is dat een bewijs dat ze zwanger is. hCG wordt ook wel het zwangerschapshormoon genoemd. Vanaf het begin van de zwangerschap wordt het aangemaakt door de bevruchte eicel. Met een zwangerschapstest kan hCG in de urine van een zwangere vrouw worden aangetoond. hCG zorgt ervoor dat er geen eicellen meer rijpen in de eierstok. Het zorgt er ook voor dat er geen menstruatie optreedt waarbij het baarmoederslijmvlies wordt afgestoten.

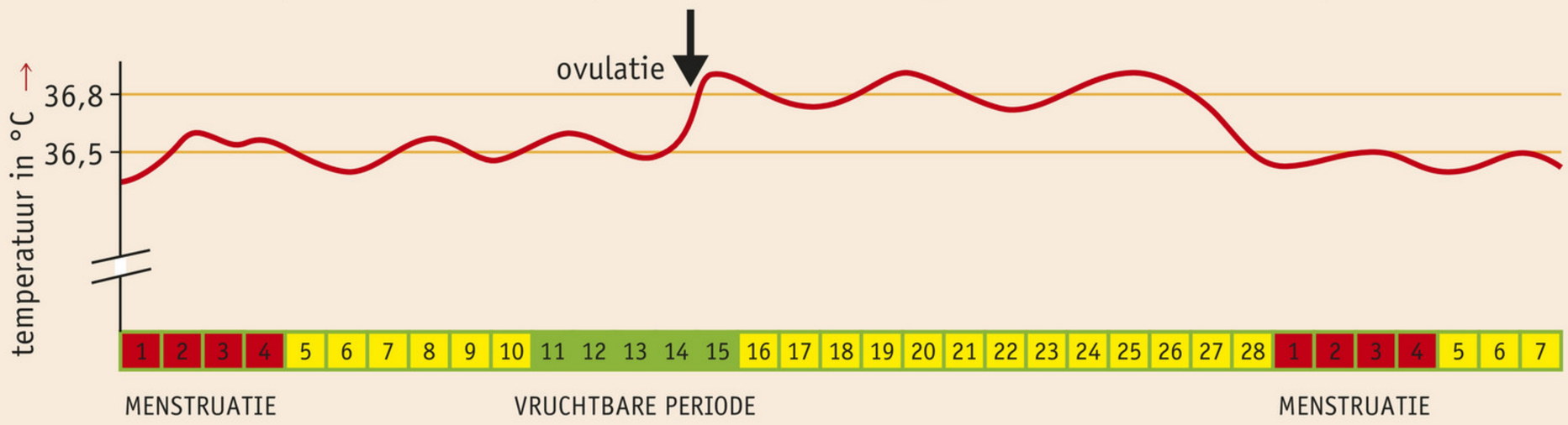


SAMENHANG wetenschap

ANTICONCEPTIE MET EEN APP

Stellen die proberen zwangerschap te voorkomen via periodieke onthouding, doen dat vaak in combinatie met temperatuurmeting. De lichaamstemperatuur van een vrouw gaat bij de ovulatie gemiddeld 0,3 tot 0,4 °C omhoog (zie afbeelding 16). Tijdens de volgende menstruatie daalt de temperatuur weer. Door een aantal maanden de lichaamstemperatuur dagelijks voor het opstaan te meten, kan een vrouw beter het moment van de ovulatie bepalen. Tegenwoordig kan dit ook met behulp van een app. Je voert je temperatuur in en je ziet meteen of je die dag vruchtbaar bent of niet. Voor vruchtbare dagen verschijnt een rood bolletje en voor niet-vruchtbare dagen een groen bolletje. Uit wetenschappelijk onderzoek bij 22 000 vrouwen is gebleken dat bij foutloos gebruik de kans 2% is dat een vrouw toch zwanger wordt. Bij gebruik in het dagelijks leven is de kans volgens deze studie 7%.

Afb. 16 Het verloop van de lichaamstemperatuur van een vrouw gedurende de menstruatiecyclus.



10 Lees de tekst ‘Anticonceptie met een app’.

Vrouwen die de app als anticonceptie gebruiken, krijgen als instructie dat ze hun temperatuur moeten meten voordat ze opstaan.

a Geef twee redenen waarom de temperatuurmeting steeds op dat moment moet plaatsvinden.

b De kans om zwanger te worden bij het gebruik van de app in het dagelijks leven is 7%. Bij foutloos gebruik is dat 2%.
Geef een reden waarom de kans op zwangerschap in het dagelijks leven veel groter is.

c Waarom is temperatuurmeting bij foutloos gebruik nog steeds een onbetrouwbare methode om het moment van de ovulatie te bepalen? Geef minstens twee redenen.

d In de vruchtbare periode gebruiken stellen die aan periodieke onthouding doen, vaak een condoom tijdens de geslachtsgemeenschap. Een man moet dan na het klaarkomen meteen zijn penis terugtrekken uit de vagina.
Leg uit waarom dat nodig is.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

6 Zwangerschap

LEERDOELEN

4.6.12 Je kunt beschrijven hoe de bevruchting bij de mens verloopt.
4.6.13 Je kunt beschrijven hoe een zwangerschap verloopt.
4.6.14 Je kunt uitleggen wat prenataal onderzoek is en hiervan voorbeelden noemen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	4.6.12	4.6.13	4.6.14	4.2.3*	4.3.5*	4.5.10*	3.5.9**
Onthouden	1acde	2a					
Begrijpen	1bf, 4, 5ab, 7b	2b, 4	3, 4				
Toepassen	5c, 6, 7d, 10a	5d, 10a	8b	10b			
Analyseren	7ac	5e, 9, 10c	8a, 10e	10d	10d	10e	10c

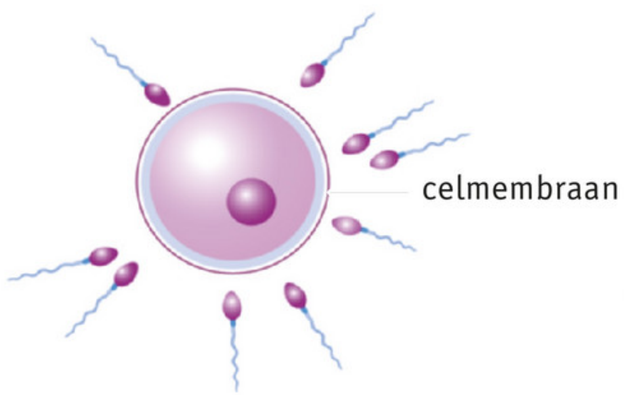
* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.
** Dit leerdoel vind je in een ander thema.

Als een zaadcel de eicel na de ovulatie bevrucht, kan de eicel in leven blijven. De bevruchte eicel kan in de baarmoeder uitgroeien tot een kind.

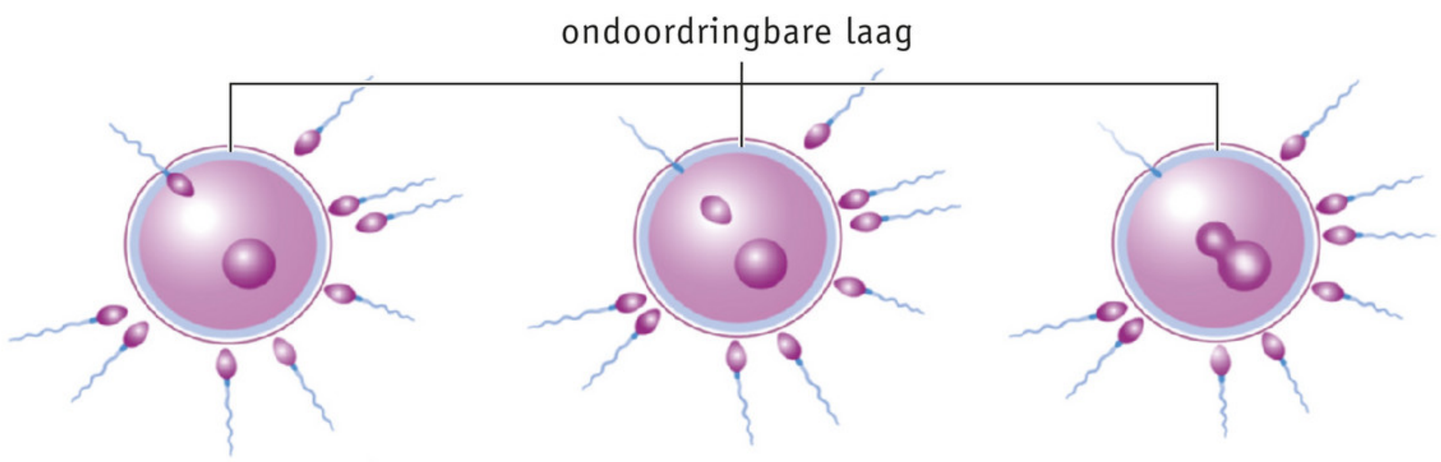
BEVRUCHTING

Bij geslachtsgemeenschap kan sperma in de vagina komen. De zaadcellen bewegen zich dan met behulp van hun zweepstaart in de richting van de baarmoeder en de eileiders. Komen ze daar een eicel tegen, dan kan deze worden bevrucht. De **bevruchting** van een eicel door een zaadcel vindt plaats in een eileider. Bij bevruchting versmelt de kern van een mannelijke geslachtscel met de kern van een vrouwelijke geslachtscel.
Bij bevruchting dringt de kop van een zaadcel de eicel binnen (zie afbeelding 1). De zweepstaart van de zaadcel blijft achter. Zodra de kop (kern) van een zaadcel de eicel is binnengedrongen, wordt de buitenste laag van de eicel ondoordringbaar. Hierdoor is het voor andere zaadcellen niet meer mogelijk deze eicel binnen te dringen.

Afb. 1 Bevruchting van een eicel (schematisch).



1 eicel omringd door zaadcellen



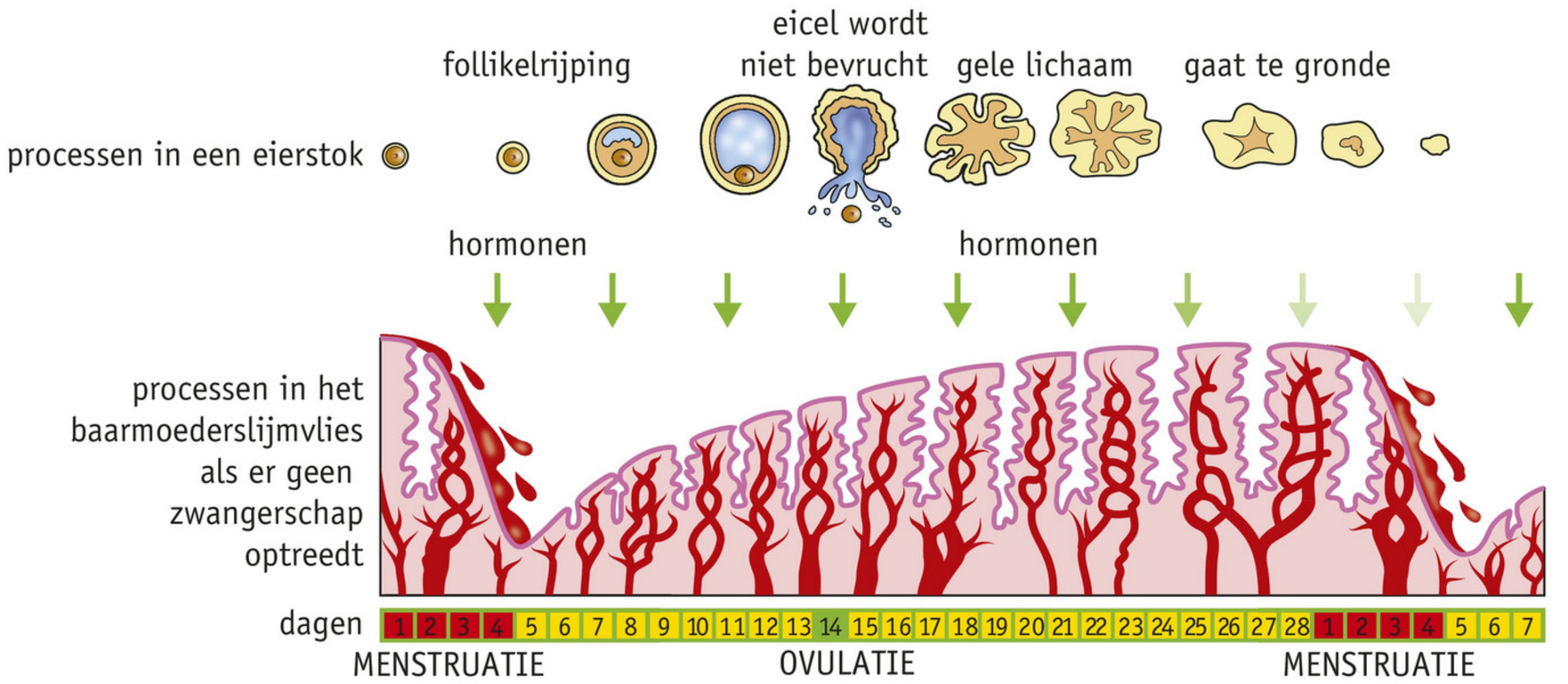
2 De kern van een van de zaadcellen dringt de eicel binnen.

3 De kernen van de zaadcel en de eicel versmelten met elkaar (bevruchting).

BAARMOEDERSLIJMVLIES

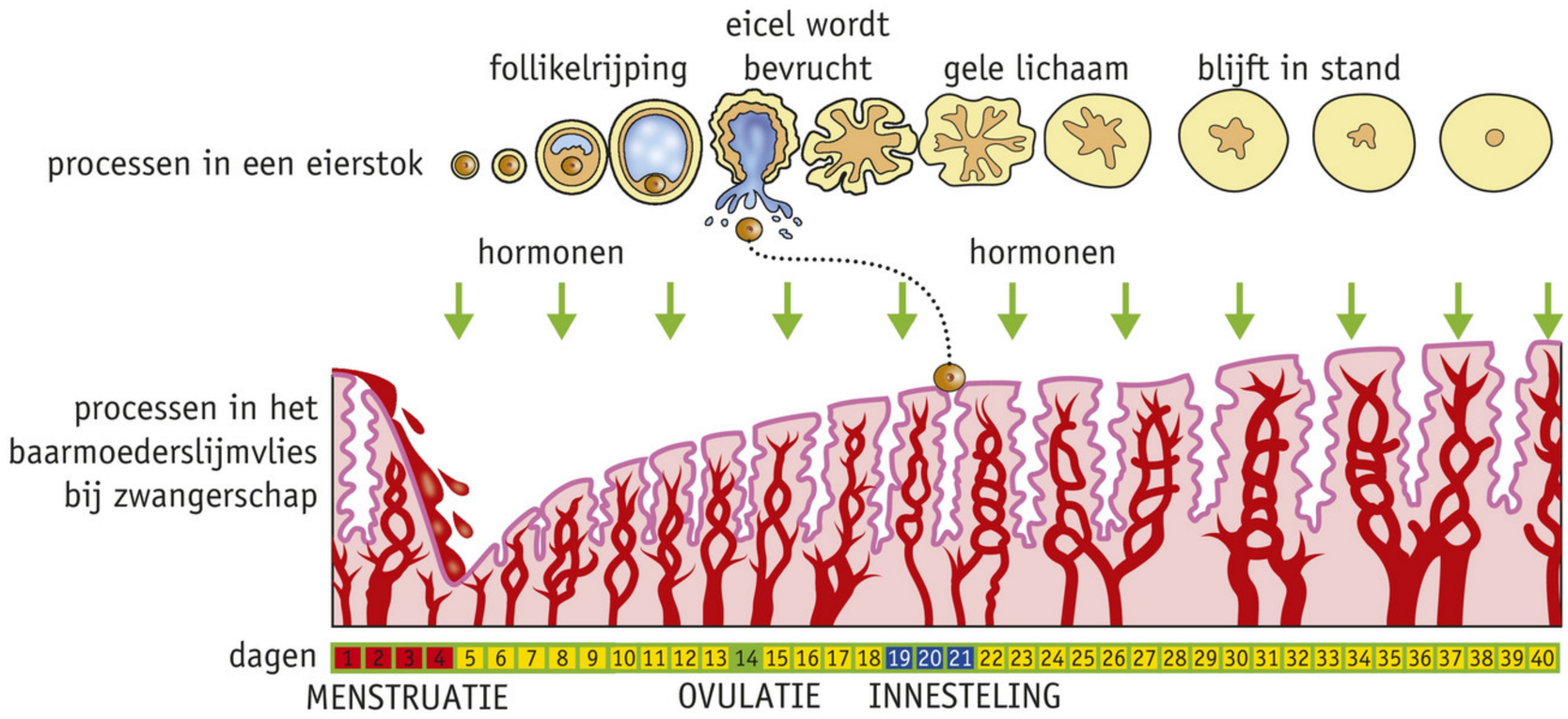
Cellen uit de wand van rijpende follikels produceren oestrogenen. Onder invloed van deze hormonen wordt het baarmoederslijmvlies dikker en sterker doorbloed. Na de ovulatie wordt uit het achtergebleven follikelweefsel in de eierstok het gele lichaam gevormd. De cellen van het gele lichaam produceren hormonen, onder andere oestrogenen. Deze hormonen zorgen ervoor dat het baarmoederslijmvlies nog dikker wordt (zie afbeelding 2). Als de eicel niet wordt bevrucht, begint het gele lichaam af te sterven. Daardoor worden er te weinig hormonen geproduceerd om het baarmoederslijmvlies in stand te houden. Het baarmoederslijmvlies wordt dan gedeeltelijk afgestoten tijdens de menstruatie.

Afb. 2 Het baarmoederslijmvlies van een vrouw gedurende vijf weken als geen bevruchting plaatsvindt.



Als de eicel wel wordt bevrucht, blijft het gele lichaam in stand (zie afbeelding 3). Het gele lichaam blijft nu voldoende hormonen produceren om het baarmoederslijmvlies dik en doorbloed te houden. Het baarmoederslijmvlies wordt niet afgestoten.

Afb. 3 De processen in een eierstok en in het baarmoederslijmvlies als bevruchting plaatsvindt.

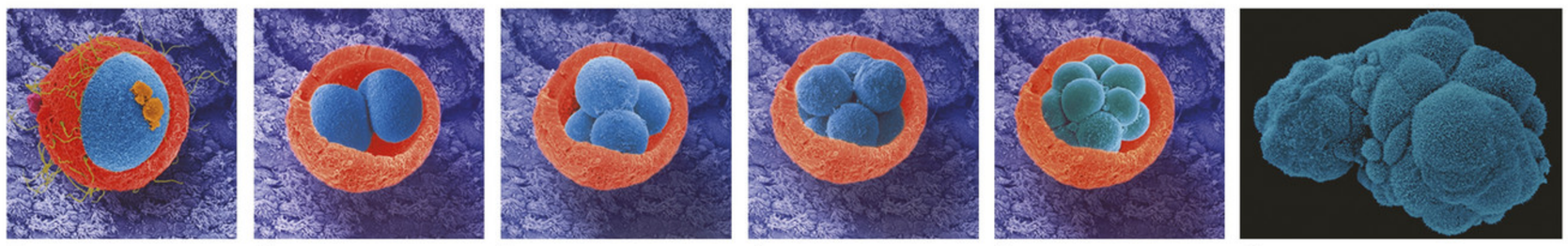


INNESTELING

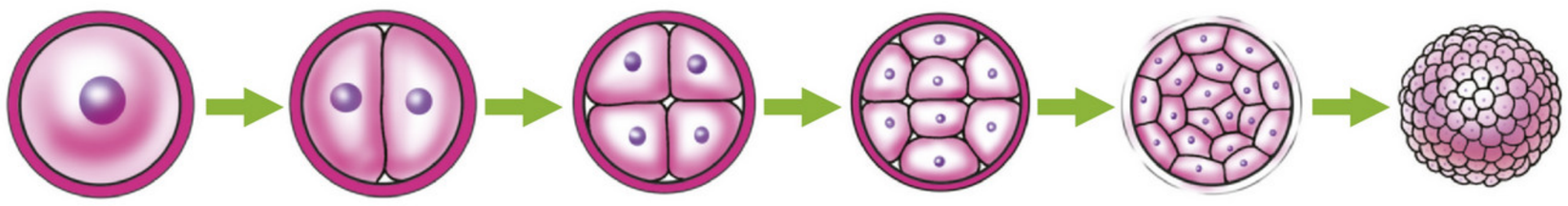
De bevruchte eicel gaat zich meteen een aantal keren delen (zie afbeelding 4). Het klompje cellen dat zo ontstaat, wordt via de eileider vervoerd naar de baarmoeder. Het baarmoederslijmvlies is na de ovulatie erg dik en bevat veel bloedvaten. Het klompje cellen zet zich vast in het slijmvlies van de baarmoeder. Dat heet **innesteling** (zie afbeelding 5). De vrouw is zwanger. Gedurende de zwangerschap wordt de vrouw niet ongesteld.

De innesteling van het klompje cellen vindt plaats vijf tot zeven dagen na de ovulatie. Het klompje cellen groeit uit tot een kind. Het kind wordt ongeveer 38 weken na de bevruchting geboren.

Afb. 4 De eerste delingen van de bevruchte eicel.

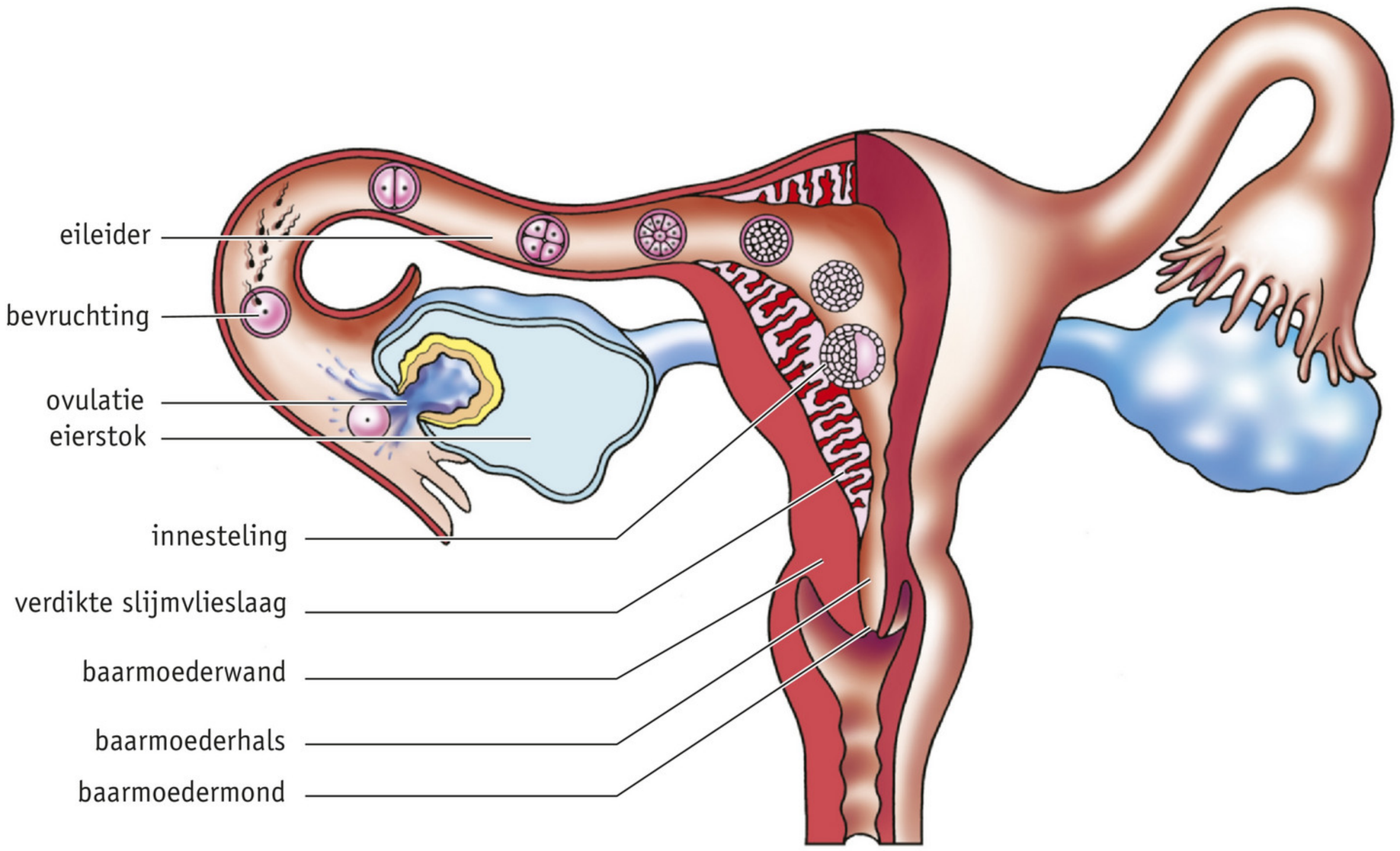


1 microscopische foto's



2 schematische tekening

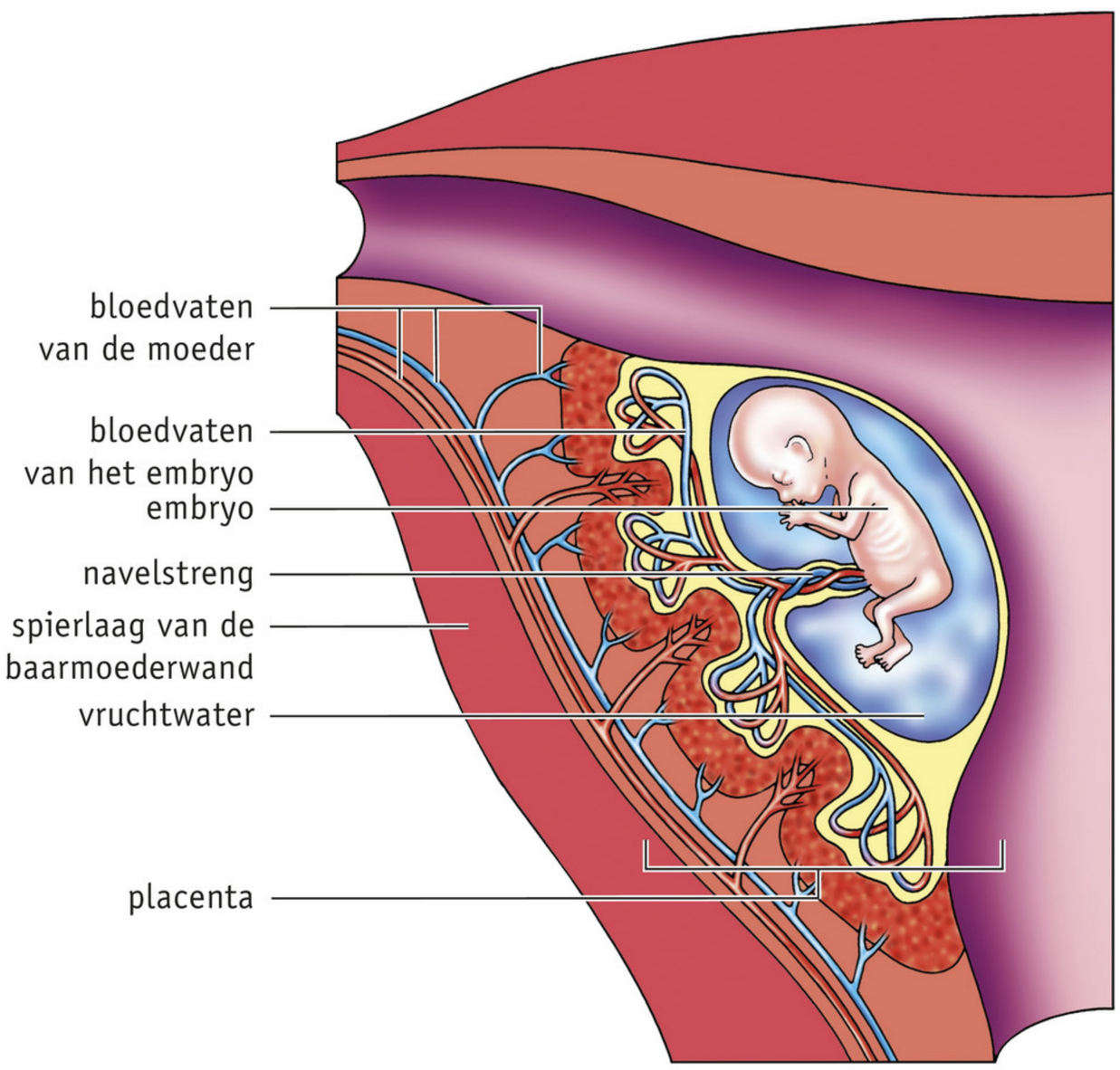
Afb. 5 Vervoer van het klompje cellen naar de baarmoeder en innesteling in het baarmoederslijmvlies.



ZWANGERSCHAP

Het kind dat zich in de baarmoeder ontwikkelt, heet de eerste weken **embryo**. Vanaf de achtste week na de bevruchting tot aan de geboorte noem je het een **foetus**. De eerste weken van de zwangerschap zorgt het baarmoederslijmvlies voor de voeding van het embryo. Daarna ontstaat de **placenta** of **moederkoek** (zie afbeelding 6). Dat is een speciaal deel van de baarmoederwand waar bloed in bloedvaten van het embryo vlak langs het bloed van de moeder stroomt. Hierdoor kunnen stoffen worden uitgewisseld van het bloed van de moeder naar het bloed van het embryo en omgekeerd. Het bloed van de moeder stroomt niet **door** het embryo, maar blijft door dunne vliezen gescheiden van het bloed van het embryo.
Het embryo is door de **navelstreng** verbonden met de placenta. Zuurstof en voedingsstoffen gaan van het bloed van de moeder naar het bloed van het embryo. Afvalstoffen gaan van het bloed van het embryo naar het bloed van de moeder.

Afb. 6 Embryo in het baarmoederslijmvlies.

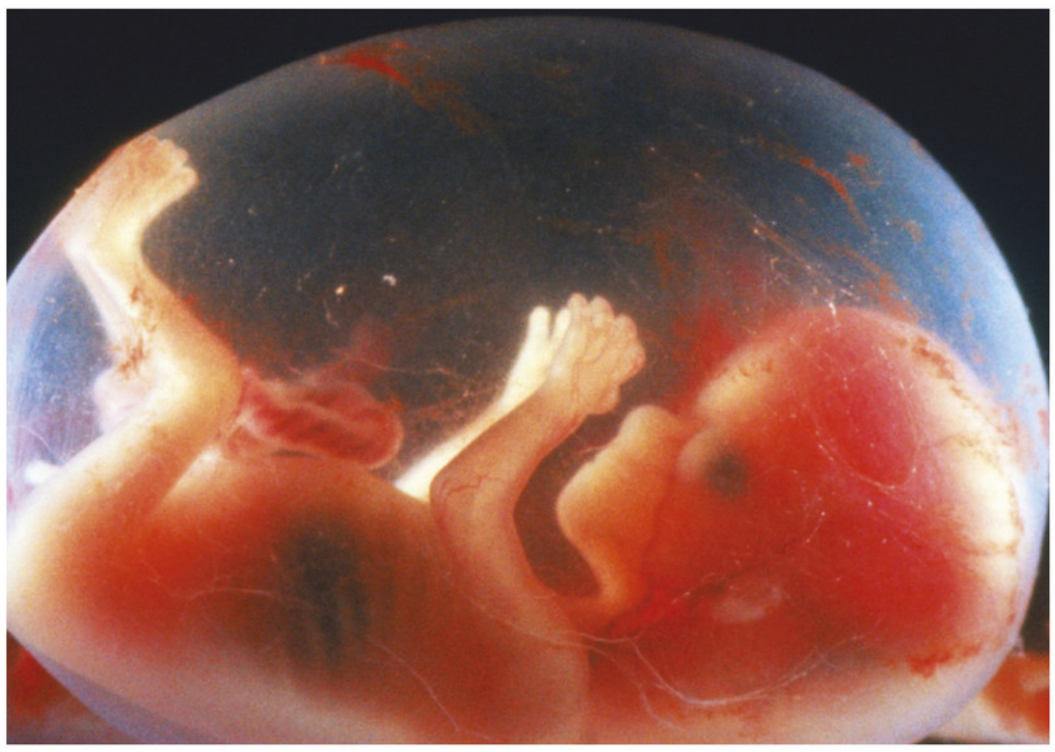


Om de foetus liggen twee **vruchtvliezen**. Daarbinnen bevindt zich vloeistof: het **vruchtwater** (zie afbeelding 7). De foetus drijft in het vruchtwater. Hierdoor wordt het beschermd tegen stoten, tegen uitdroging en tegen wisseling van de temperatuur. Bovendien kan de foetus zich hierin gemakkelijk bewegen. Na negen maanden zwangerschap is de baby ‘klaar’ om geboren te worden.

Afb. 7 Verschillende stadia in de ontwikkeling van een ongeboren kind.

1 embryo, zes weken oud

2 foetus, acht weken oud



3 foetus, twaalf weken oud

4 foetus, vijf maanden oud

ECHOGRAFIE EN PRENATAAL ONDERZOEK

Als een vrouw ongeveer tien weken zwanger is, wordt meestal een **echo** (echografie) gemaakt. Met behulp van geluidsgolven ontstaat een beeld van de foetus in de baarmoeder (zie afbeelding 8). Aan de hand van deze echo kan de verloskundige bepalen hoelang de vrouw precies zwanger is en wanneer het kind dus ongeveer geboren zal worden.

Tijdens de zwangerschap kan worden onderzocht of de moeder een grotere kans heeft op een kind met een aangeboren afwijking of erfelijke ziekte. Dit noem je **prenataal onderzoek** (pre = voor, nataal = de geboorte). Ook kan het geslacht van de baby worden bepaald. Prenatale tests zijn niet verplicht.

De eerste prenatale test die een moeder krijgt aangeboden, is de **combinatietest**. Deze vindt plaats tussen de negende en de veertiende week van de zwangerschap. Met de combinatietest wordt vastgesteld of er een kans is op een kindje met downsyndroom. De test bestaat uit een bloedonderzoek bij de moeder en een nekplooimeting bij de foetus. De meting van de nekplooi wordt gedaan met een echo. Met de resultaten van beide tests wordt berekend of er een verhoogde kans is op een kind met downsyndroom.

Sinds 2017 kan een zwangere vrouw in Nederland ook kiezen voor de NIPT, maar alleen als ze deelneemt aan een wetenschappelijk onderzoek. **NIPT** staat voor niet-invasieve prenatale test. Bij de moeder wordt bloed afgenomen en onderzocht. In het bloed zit een beetje DNA van de placenta. Dit is bijna altijd hetzelfde DNA als dat van het kind. Uit het bloedonderzoek kan blijken dat er een verhoogde kans is op een kind met een erfelijke ziekte. De NIPT is mogelijk na elf weken zwangerschap.

Na ongeveer twintig weken zwangerschap kan nogmaals een echo worden gemaakt. Bij deze **20-wekenecho** wordt de foetus onderzocht op verschillende aangeboren afwijkingen aan het hart, de hersenen, de organen en de ledematen. Ook kan het geslacht van de foetus worden bepaald.
Naast de (gratis) echo's die nodig zijn voor onderzoek aan de foetus kunnen aanstaande ouders ook een **pretecho** laten maken. Een pretecho dient alleen om de foetus alvast te zien. Dat kan ook in 3D (zie afbeelding 8.2) of 4D (een filmpje).

Afb. 8 Echo's.

1 20-wekenecho

2 pretecho

KENNIS

1

a Hoe komt het dat een eicel slechts door één zaadcel kan worden bevrucht?

b Zet de gebeurtenissen die leiden tot bevruchting in de juiste volgorde.

..... Bij geslachtsgemeenschap komen zaadcellen in de vagina.

..... De buitenste laag van de eicel wordt ondoordringbaar voor andere zaadcellen.

..... De kernen van de zaadcel en de eicel versmelten met elkaar (bevruchting).

..... De kop van een zaadcel dringt een eicel binnen.

..... Zaadcellen bewegen vanuit de baarmoeder naar een eileider.

..... Zaadcellen bewegen vanuit de vagina naar de baarmoeder.

c Een klompje cellen groeit uit tot *embryo* / *foetus*. Na acht weken wordt het *embryo* / *foetus* genoemd.

d Wat zorgt na een aantal weken voor de voeding van het embryo?
- ○ A baarmoederslijmvlies
- ○ B placenta
- ○ C reservevoedsel in de eicel

e Tijdens een zwangerschap treden *wel* / *geen* ovulaties en *wel* / *geen* menstruaties op.

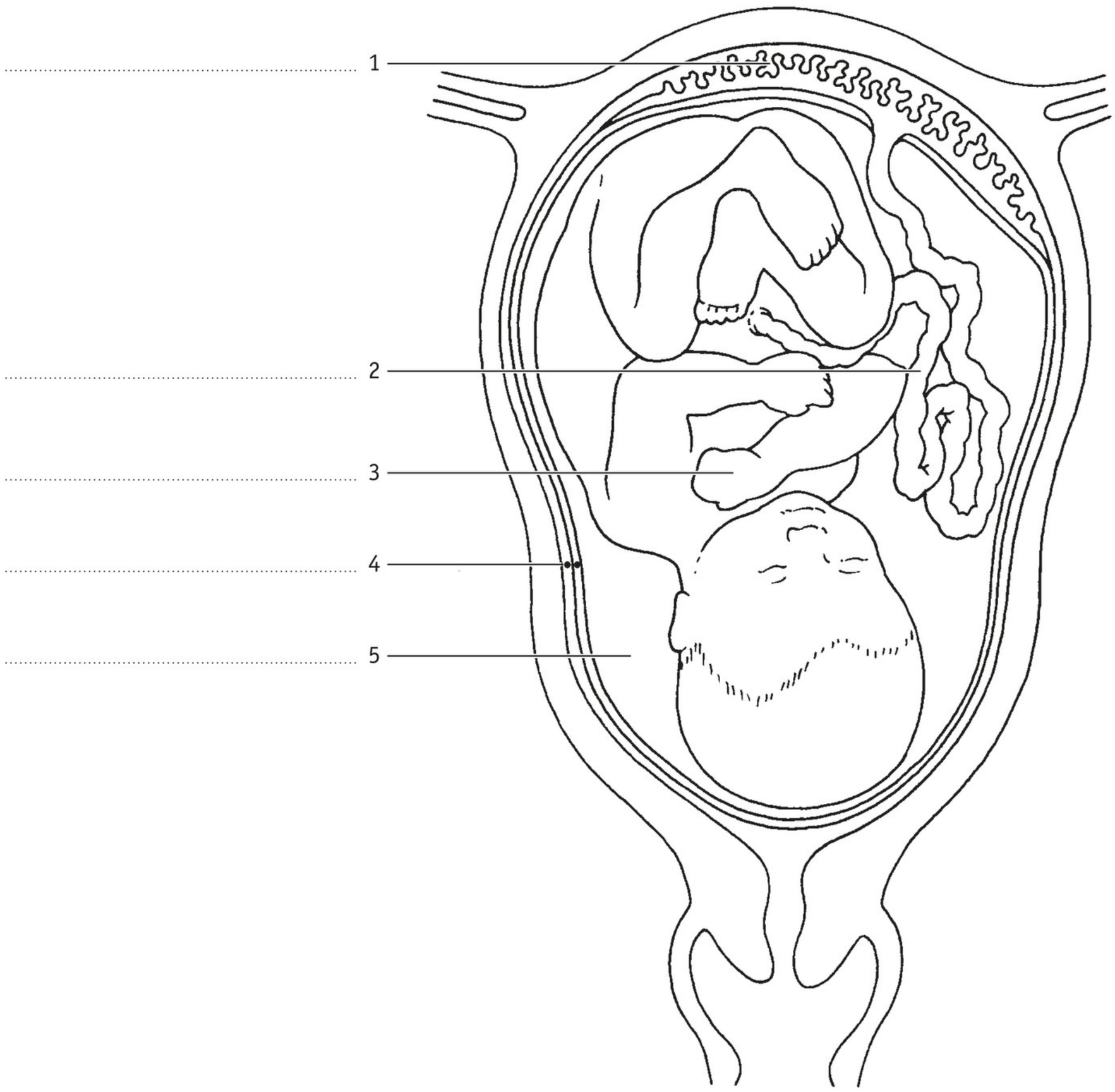
f Het embryo is door de navelstreng verbonden met de placenta.
In welke richting worden zuurstof, voedingsstoffen en afvalstoffen getransporteerd in de bloedvaten in de navelstreng?

2 In afbeelding 9 zie je een tekening van een foetus in een baarmoeder.

a Zet de namen bij de genummerde delen.

b Kleur de delen in de tekening. Geef elk deel een andere kleur.

Afb. 9



3 Welk prenataal onderzoek hoort bij de beschrijving?

A Bloed met DNA van de placenta wordt bij de moeder afgenomen en onderzocht.	○	○ 1 combinatietest
B Er vindt een bloedonderzoek en een nekplooimeting plaats.	○	○ 2 echografie
C Met geluidsgolven wordt een beeld gemaakt van de foetus in de baarmoeder.	○	○ 3 NIPT

4

Samenvatting

Maak de infographic in afbeelding 10 af.

Afb. 10

Voor de ovulatie wordt het baarmoederslijmvlies dikker en sterker doorbloed door:

Na de bevruchting wordt het baarmoederslijmvlies nog dikker door:

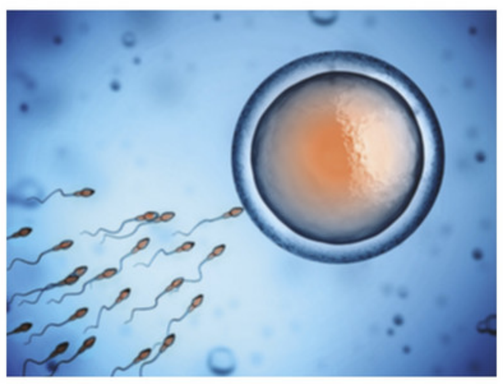
Innesteling:

Voeding:

- eerste weken:
- daarna:

Via bloed in de navelstreng gaan:

Twee vruchtvliezen en vruchtwater:



Bevruchting:

Een eicel kan maar door één zaadcel worden bevrucht doordat:

ontwikkeling in de baarmoeder

Prenataal onderzoek:

INZICHT

5 Op de kalender van afbeelding 11 heeft Roos aangegeven wanneer ze ongesteld was. Ze menstrueert erg regelmatig: om de vier weken.

a Wanneer zal haar volgende menstruatie plaatsvinden? Leg je antwoord uit.

b Wanneer vindt waarschijnlijk de ovulatie plaats? Leg je antwoord uit.

c Roos heeft geslachtsgemeenschap en haar eicel wordt bevrucht.
In welke week vindt waarschijnlijk innesteling in het baarmoederslijmvlies plaats?
Leg je antwoord uit.

d De zwangerschap van Roos verloopt voorspoedig. Ze bevalt in de week van de uitgerekende datum.
In welke maand wordt het kind geboren? Leg je antwoord uit.

e Een zwangerschap duurt (gemiddeld) veertig weken.
Is de baby van Roos bij geboorte ook veertig weken oud? Leg je antwoord uit.

Afb. 11

JAARKALENDER

	JANUARI					FEBRUARI					MAART					
week	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	14
ma		5	12	(19)	26		2	9	16	23		2	9	16	23	30
di		6	13	20	27		3	10	17	24		3	10	17	24	31
wo		7	14	21	28		4	11	18	25		4	11	18	25	
do	1	8	(15)	22	29		5	12	19	26		5	12	19	26	
vr	2	9	(16)	23	30		6	13	20	27		6	13	20	27	
za	3	10	(17)	24	31		7	14	21	28		7	14	21	28	
zo	4	11	(18)	25		1	8	15	22		1	8	15	22	29	

6

a In afbeelding 12 zie je een eicel en zaadcellen van een muis.
Is de afbeelding getekend op het moment dat er al bevruchting heeft plaatsgevonden? Leg je antwoord uit.

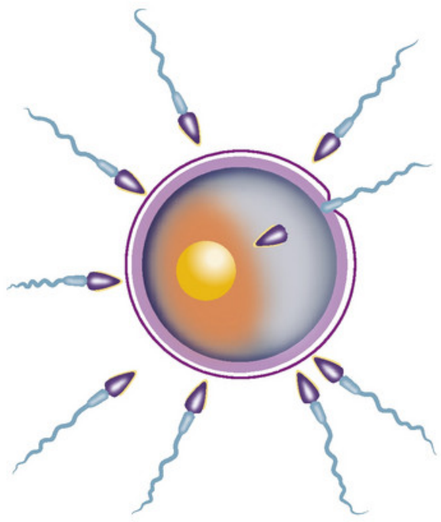
b In afbeelding 13 is een deel van het voortplantingsstelsel en het uitscheidingsstelsel van een muis getekend. De bouw van het voortplantingsstelsel van een muis wijkt af van de bouw van het voortplantingsstelsel van de mens, omdat een muis een gedeeltelijk gespleten baarmoeder heeft. De functies van de delen zijn verder overeenkomstig.
In welk deel vindt de ontwikkeling van eicellen plaats? in deel *1* / *2* / *3* / *4*

c In welk deel vindt de bevruchting plaats? in deel *1* / *2* / *3* / *4*

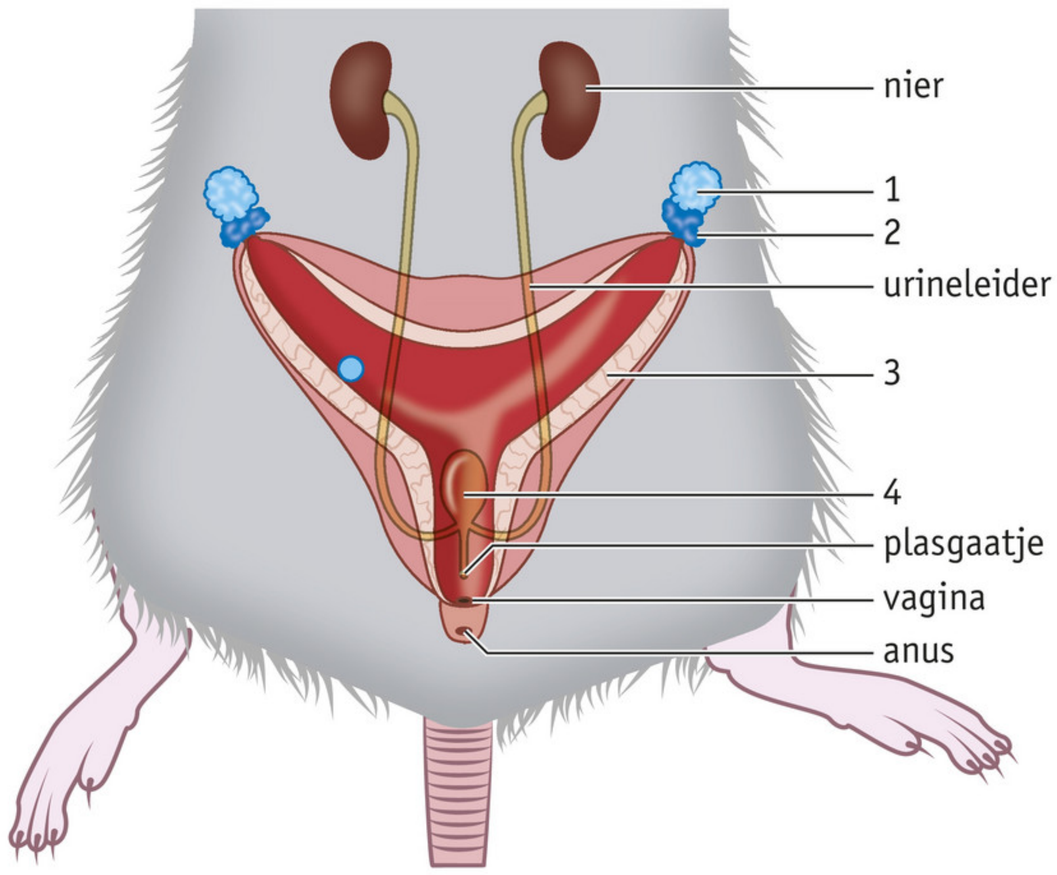
d In welk deel vindt de innesteling plaats? in deel *1* / *2* / *3* / *4*

e Heeft er al innesteling plaatsgevonden? Leg je antwoord uit.

Afb. 12



Afb. 13



7

a De binnenkant van de eileiders is bedekt met trilharen.
Leg uit wat de functie is van de trilharen.

b Tijdens het transport door de eileider kan een bevruchte eicel geen voedingsstoffen uit de omgeving opnemen. Dat kan pas na de innesteling in het baarmoederslijmvlies.
Hoe komt de bevruchte eicel aan voedingsstoffen om te kunnen delen?

c Een mens heeft in de kern van zijn lichaamscellen een vast aantal chromosomen: 46. De kern van een eicel en de kern van een zaadcel hebben elk 23 chromosomen. Heel soms dringen twee zaadcellen op hetzelfde moment een eicel binnen. Uit de bevruchte eicel wordt geen kind geboren en er ontstaat ook geen tweeling.
Leg uit waarom een eicel die is bevrucht door twee zaadcellen zich niet tot een kind kan ontwikkelen.

d Bij mannen is er vrijwel nooit sprake van onvruchtbaarheid, maar van verminderde vruchtbaarheid. Vaak bevat sperma wel voldoende zaadcellen, maar is de bewegelijkheid van de zaadcellen niet voldoende.
Waarom is dat een probleem?

8

NIPT staat voor niet-invasieve prenatale test. Bij een niet-invasief onderzoek hoeft een arts het lichaam van een patiënt niet binnen te dringen. Prenatale onderzoeken die wel invasief zijn, vergroten de kans op een miskraam met ongeveer 0,5%.

a Leg uit waardoor de kans op een miskraam dan toeneemt.

b De gevoeligheid van een test geeft aan hoe groot de kans is dat een kind een bepaalde aandoening ook echt heeft. Volgens wetenschappelijk onderzoek is de gevoeligheid van de NIPT 99,2%.
Leg uit waarom er altijd nog een andere test moet volgen als uit de NIPT blijkt dat een foetus een bepaalde aandoening heeft.

+ 9

Lees de tekst 'Het tweelingtransfusiesyndroom' in afbeelding 14.

a Een foetus houdt de hoeveelheid vruchtwater in zijn vruchtzak (de vruchtvliezen) op peil door het op te drinken en door te urineren. Bij het tweelingtransfusiesyndroom heeft de foetus die veel bloed ontvangt veel meer vruchtwater in zijn vruchtzak dan de foetus die weinig bloed ontvangt.
Leg uit hoe dat komt.

b De foetus die weinig bloed ontvangt, krijgt minder zuurstof en voedingsstoffen, en op een echo is duidelijk te zien dat hij strak in de vruchtvliezen komt te zitten.
Welke problemen heeft de foetus die minder bloed ontvangt daardoor?

c Voor de foetus die veel bloed ontvangt, kunnen er ook problemen ontstaan door de toename van het vruchtwater in zijn vruchtzak.
Wat kunnen de gevolgen hiervan zijn?

Afb. 14

Het tweelingtransfusiesyndroom

Meestal zijn eeneiige tweelingen via een eigen navelstreng verbonden met één placenta. In de wirwar van bloedvaten in de placenta zijn er punten waar de vaatjes van de helften van de placenta met elkaar zijn verbonden. Bloed kan via deze vaatverbindingen van de ene foetus naar de andere gaan. Meestal is dit niet erg, omdat beide foetussen in totaal evenveel bloed geven als ze terugkrijgen. Bij ongeveer een op de zeven eeneiige tweelingen krijgt de ene foetus veel meer bloed dan de andere foetus. Dat noemt je het tweelingtransfusiesyndroom.

SAMENHANG beroep

GYNAECOLOOG

Sahana is gynaecoloog. Om dat te kunnen worden, heeft ze eerst de opleiding geneeskunde afgerond. Daarna heeft ze zich verder gespecialiseerd tot gynaecoloog. Een gynaecoloog behandelt aandoeningen en ziekten die te maken hebben met het vrouwelijke voortplantingssysteem. Voor de opleiding tot gynaecoloog moet je eerst solliciteren voor een opleidingsplek gynaecologie. Deze opleiding duurt zes jaar. Je werkt dan als Assistent Gynaecologie In Opleiding (AGIO).

Sahana helpt vrouwen met menstruatieproblemen en vrouwen die moeilijk zwanger kunnen worden. Ze begeleidt vrouwen die zwanger zijn, helpt bij bevallingen (met complicaties) en behandelt ziekten aan het vrouwelijk voortplantingsorgaan. Het werk is heel afwisselend. Sahana voert gesprekken met patiënten, maakt echo's en opereert. Sahana vindt dat haar beroep veel mooie en leuke momenten kent, maar ze heeft ook te maken met moeilijke situaties. Daarom moet je als gynaecoloog stevig in je schoenen staan en ook minder leuke boodschappen over kunnen brengen.

Afb. 15 Sahana maakt een echo.

10 Lees de tekst 'Gynaecoloog'.

Sahana behandelt regelmatig patiënten met endometriose. Bij deze aandoening komt weefsel dat op baarmoederslijmvlies lijkt, buiten de baarmoeder voor. Hoe dat precies komt, is niet bekend. Het weefsel zit vaak op de eierstokken en eileiders, maar het kan ook op de darmen en de urineblaas voorkomen.

a Als endometrioseweefsel op de eileiders groeit, kunnen de wanden van de eileiders verkleven.
Wat is daarvan het gevolg?

b Sahana vindt dat vrouwen die hevig menstrueren eerder naar hun huisarts moeten gaan. Veel vrouwen denken dat het erbij hoort en hopen dat de klachten vanzelf verdwijnen.
Vrouwen die hevig menstrueren zijn vaak chronisch vermoeid.
Leg uit hoe dat komt.

c Toxoplasmose is een infectieziekte die wordt veroorzaakt door een parasiet die kan worden overgedragen door katten. Wanneer een zwangere vrouw een infectie krijgt door deze ziekteverwekker, kan dit in het begin van de zwangerschap leiden tot een miskraam. Aan patiënten die dit is overkomen, legt Sahana uit dat toxoplasmose maar één keer een miskraam kan veroorzaken.
Waarom kan een nieuwe infectie door toxoplasmose bij een volgende zwangerschap geen miskraam meer veroorzaken?

d Naarmate een cel ouder wordt, kunnen er meer beschadigingen en afwijkingen ontstaan in de cel. Het downsyndroom is een aangeboren afwijking die ontstaat door een extra chromosoom. De verhoogde kans op het krijgen van een kind met downsyndroom hangt vooral af van de leeftijd van een vrouw, niet van de leeftijd van een man.
Leg uit dat dit te maken kan hebben met de leeftijd van eicellen en zaadcellen.

e Sahana adviseert zwangere vrouwen om de combinatietest te doen. Steeds meer vrouwen doen dat. Hierdoor neemt het aantal prenataal ontdekte kinderen met downsyndroom toe.
Leg uit dat dit nog niet hoeft te leiden tot een afname van het aantal kinderen dat geboren wordt met downsyndroom.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

Samenhang

KANGOEROEËN VOOR KNUFFELHORMOON

Direct na de bevalling worden pasgeboren baby's op de borst van hun moeder gelegd. Tijdens dit 'kangoeroe-moment' komt zowel bij de moeder als bij de baby het knuffelhormoon oxytocine vrij. Dit hormoon blijft je hele leven een belangrijke rol spelen, zowel bij relaties als bij het omgaan met stress.

OXYTOCINE

Een baby die net geboren is, begint meteen te huilen. Dat is goed voor de ontwikkeling van de longen. Daarna gaat hij al snel op zoek naar melk en probeert hij richting de borsten van zijn moeder te kruipen. De stem van zijn moeder, de donkere kleur van de tepels en een geurstof die de tepels afgeven en precies lijkt op de geur van vruchtwater, wijzen hem de weg. Zodra de baby een tepel heeft gevonden en eraan begint te zuigen, komt er oxytocine vrij in de hersenen van de moeder waardoor er melk uit de borst begint te stromen. De allereerste maaltijd voor de baby!

HUID-OP-HUIDCONTACT

Ook door het huid-op-huidcontact tijdens dit kangoeroe-moment komt er veel oxytocine uit de hypofyse vrij, zowel bij de baby als bij de moeder. Dankzij dit hormoon hechten moeder en kind zich aan elkaar. Tegelijkertijd werkt het knuffelhormoon stressverlagend. Baby's die na de bevalling op de borst van hun moeder hebben gelegen, huilen minder en slapen beter. Moeders die 'gekangoeroet' hebben, kijken vaker naar hun baby en raken hem vaker aan. Kangoeroeën helpt moeders dus om goed voor hun kindje te zorgen. Bij vaders heeft oxytocine hetzelfde effect. Baby's mogen daarom steeds vaker na de eerste voeding bij hun moeder, ook even bij hun vader op de blote borst liggen.

Afb. 1 Vader kangoeroet baby.

KNUFFELEN

Ook na de bevalling blijft het belangrijk om te knuffelen. Lichamelijk contact en aandacht zorgen ervoor dat een kind beter met stress kan omgaan. Ook helpt het bij het maken van contact en het aangaan van stabiele relaties. Het kind voelt zich dan meestal op zijn gemak bij anderen: dat heet veilig verbonden. Negatief contact zorgt ervoor dat de werking van het knuffelhormoon wordt verstoord. Hierdoor kunnen er vanaf de puberteit problemen ontstaan, zoals alcoholisme. Interessant detail: het knuffelhormoon helpt ook bij het onthouden van gezichten.

OPGEWONDEN

Het knuffelhormoon speelt ook een belangrijke rol bij seksualiteit. Als een man opgewonden wordt, komt er onder andere oxytocine vrij. De penis is gevoelig voor oxytocine, waardoor er een erectie kan ontstaan. Bij vrouwen komt er veel oxytocine vrij bij een orgasme, veel meer nog dan bij mannen. Ook bij masturberen komt er oxytocine vrij, maar dat voelt minder bevredigend als wanneer je echt met iemand vrijt. Bij het kijken van porno komt ook oxytocine vrij, maar porno geeft vaak een onrealistisch beeld van relaties en kan verslavend zijn.

Binnen relaties hechten partners zich aan elkaar mede dankzij het hormoon oxytocine. Dat komt vrij bij bijvoorbeeld zoenen, strelen, knuffelen en elkaar aandacht geven. Tijdens een onderzoek bleek dat mannen die een neusspray met oxytocine kregen toegediend, 10 tot 15 cm meer afstand hielden als ze een aantrekkelijke vrouw tegenkwamen die níet hun eigen partner was. Dat komt goed uit, want een stabiel paar is weer een veilige omgeving voor kinderen, waardoor die zelf ook weer meer kans hebben op een goede hechting.

BEVALLING

Ten slotte speelt oxytocine een belangrijke rol bij de bevalling. Doordat het hoofdje van de baby op de baarmoedermond drukt, komt er oxytocine vrij. De baarmoedermond wordt daardoor wijder en zo heeft de baby genoeg ruimte om ter wereld te komen. Ook voor het uitdrijven van de placenta is oxytocine nodig. Onmisbaar dus, die oxytocine!

OPDRACHTEN

1 Als een baby de tepel van zijn moeder aanraakt, kan dit als gevolg hebben dat er melk uit de tepel druppelt.

a Zet op volgorde van aanraking van tepel tot de afgifte van melk.

..... bloedvat

..... gevoelszenuw

..... hersenen

..... hypofyse

..... melkklier

..... ruggenmerg

..... tastzintuig in tepel

b Hoe komt het hormoon oxytocine bij de juiste organen terecht?

c Nadat een baby geboren is, moet de placenta nog naar buiten. Borstvoeding geven direct na de bevalling kan helpen om de placenta geboren te laten worden.
Leg uit hoe dit komt.

d Veel ouders ervaren de tijd dat hun baby op hun borst ligt als een heel intiem moment.
Is intimiteit hier een deel van seksualiteit?

e Noem drie organen die gevoelig zijn voor het hormoon oxytocine.

f Bij welke drie levenskenmerken speelt oxytocine een belangrijke rol?

2

a Welk deel of welke delen van het voortplantingsstelsel van een man zijn vooral gevoelig voor oxytocine?

- ○ A bijballen
- ○ B voorhuid
- ○ C zaadleider
- ○ D zwellichamen

b Waardoor heeft oxytocine bij pubers andere effecten dan bij jonge kinderen?

c Oxytocine speelt vooral een rol bij de *geestelijke* / *lichamelijke* ontwikkeling.

d Leg uit hoe jongens door stoeien of door intiem dansen een erectie kunnen krijgen.

e Baby's gaan soms huilen, omdat ze behoefte hebben aan aanraking. Dit noem je 'huidhonger'. Als puber kun je ook huidhonger hebben.
Noteer drie manieren waarop je aan je dosis oxytocine kunt komen zonder seksuele handelingen.

f Leg uit dat het kijken van porno niet helpt bij het ervaren van intimiteit.

g Het is niet per se nodig om geslachtsgemeenschap te hebben om een liefdesrelatie in stand te houden.
Leg uit waarom niet.

3

a De aanmaak van het hormoon oxytocine is afhankelijk van onder andere vitamine D.
Leg uit dat eenzijdige voeding gevolgen kan hebben voor hoe goed je gehecht bent in relaties.

b Oxytocine toedienen kan mensen met een alcoholverslaving helpen om van hun verslaving af te komen.
Leg uit hoe dit zou kunnen werken.

c Een stressvolle gebeurtenis, zoals het uitgaan van een relatie, kan letterlijk pijn doen in je hart. De spier van de linkerkamer van je hart is dan verzwakt en je kunt zelfs symptomen hebben van een hartaanval. De officiële naam voor dit verschijnsel is Takotsubo cardiomyopathie en komt het meest voor bij vrouwen.
Leg uit dat de kans op Takotsubo cardiomyopathie groter is bij het uitgaan van een lange relatie dan bij een korte relatie.

d Hormonen, waaronder oxytocine, kunnen spieren herstellen die door Takotsubo cardiomyopathie zijn beschadigd.
Leg uit waarom het een goed idee is om na het uitgaan van een relatie goede vrienden of familie op te zoeken.

7 Meer voorbehoedsmiddelen

LEERDOEL

4.7.15 Je kunt andere manieren noemen om zwangerschap te voorkomen.

TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	4.7.15
Onthouden	
Begrijpen	1
Toepassen	2
Analyseren	

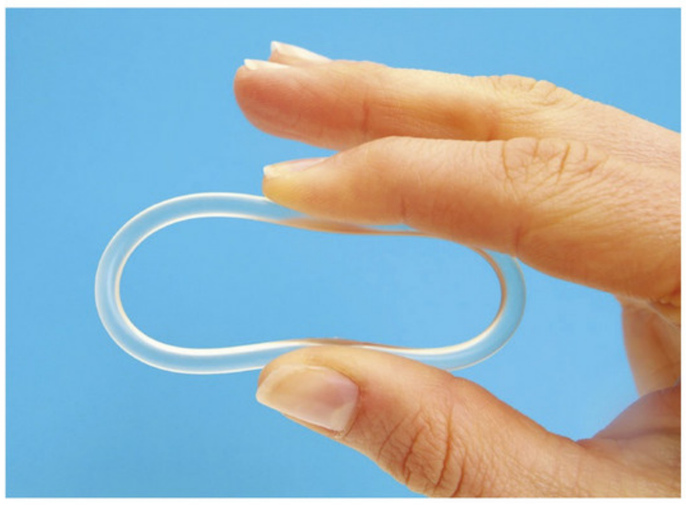
Naast de pil en het condoom zijn er nog verschillende andere manieren om zwangerschap te voorkomen (zie afbeelding 1). Deze worden vooral door de vrouw gebruikt.

HORMONEN

De **NuvaRing** is een kunststof ring die dezelfde hormonen bevat als de pil (zie afbeelding 2.1). Een meisje brengt de NuvaRing zelf aan in haar vagina. Ze draagt de ring drie weken onafgebroken met daarna een pauzeweek. Bij goed gebruik is de NuvaRing even betrouwbaar als de pil.
Ook de prikpil, de anticonceptiepleister (zie afbeelding 2.2) en het anticonceptiestaafje bevatten dezelfde hormonen als de pil en zijn erg betrouwbaar.
Bij de **prikpil** krijgt een vrouw om de drie maanden een injectie met een hormoon dat de ovulatie remt. De menstruatie neemt af en blijft soms geheel weg. Als een vrouw stopt met de prikpil kan het soms wel twee jaar duren voordat de menstruaties terugkomen.
Een **anticonceptiepleister** wordt drie weken op de huid gedragen en wekelijks vervangen. Daarna is er een pauzeweek.
Het **anticonceptiestaafje** is ongeveer zo groot als een lucifer en wordt ingebracht onder de huid in de bovenarm. Elke dag geeft het staafje een heel kleine hoeveelheid hormonen af aan het lichaam. Het staafje kan drie jaar blijven zitten.

Afb. 1 Verschillende anticonceptiemiddelen.

Afb. 2



1 NuvaRing

2 anticonceptiepleister

ANDERE MIDDELEN

Een speciaal soort condoom is het **vrouwencondoom** dat in de vagina wordt ingebracht (zie afbeelding 3). Het inbrengen kan al enkele uren voor het vrijen gebeuren, zodat het vrijen niet hoeft te worden onderbroken. Ook een vrouwencondoom mag je slechts één keer gebruiken. Het vrouwencondoom is betrouwbaar en beschermt ook tegen soa's.
Een **spiraaltje** (zie afbeelding 4) wordt door een arts in de baarmoeder geplaatst. Er zijn twee soorten spiraaltjes. Een **hormoonspiraaltje** (zie afbeelding 4.1) geeft dagelijks kleine hoeveelheden hormoon af. Door de werking van hormonen worden bevruchting en innesteling bemoeilijkt. Na vijf jaar is een hormoonspiraaltje uitgewerkt en moet het worden vervangen.
Een **koperspiraaltje** is omwikkeld met een koperdraadje (zie afbeelding 4.2). Een koperspiraaltje kan lang blijven zitten, tien jaar is geen uitzondering. In de baarmoeder veroorzaakt een koperspiraaltje een reactie waardoor zaadcellen worden aangetast en innesteling wordt bemoeilijkt.
Spiraaltjes zijn erg betrouwbaar.

Afb. 3 Vrouwencondoom.

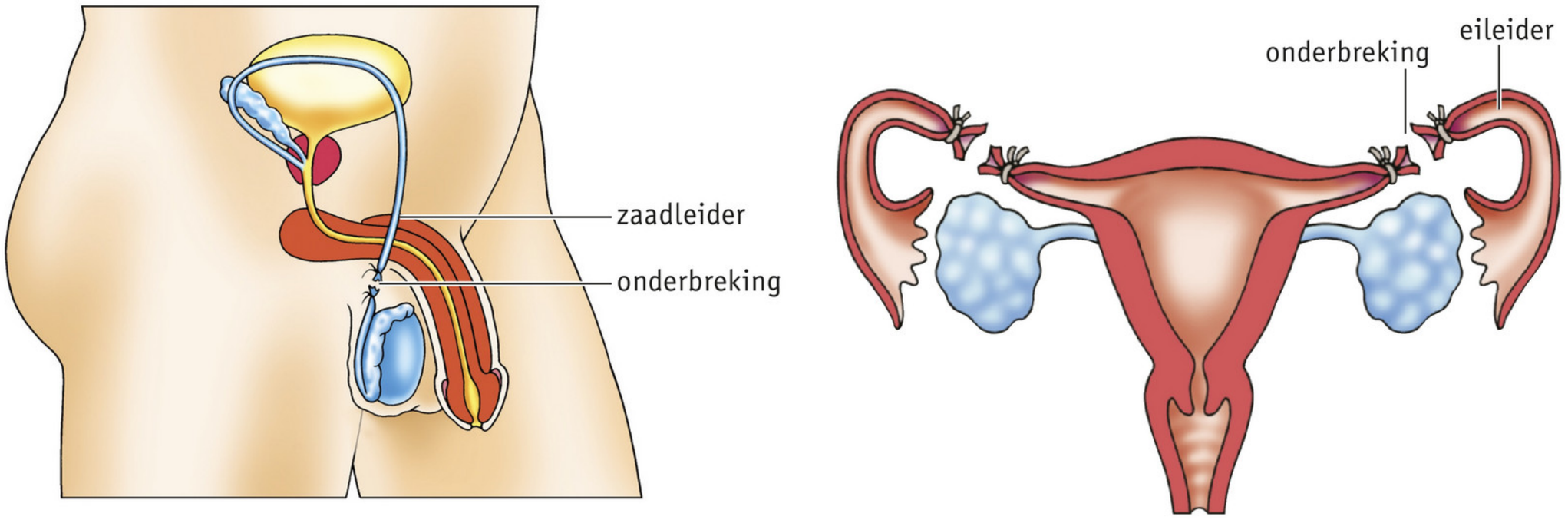
Afb. 4 Spiraaltjes.

1 hormoonspiraaltje
2 koperspiraaltje

STERILISATIE

Bij **sterilisatie** wordt een man of een vrouw door middel van een kleine operatie onvruchtbaar gemaakt. Bij een man worden beide zaadleiders onderbroken (zie afbeelding 5.1). De productie van zaadcellen gaat normaal door. Ook verandert er niets aan de hoeveelheid vocht die bij een zaadlozing vrijkomt. De geproduceerde zaadcellen kunnen het lichaam niet meer verlaten. Ze worden in de bijballen en in de zaadleiders afgebroken. Bij een vrouw worden de eileiders onderbroken, waardoor de eicellen niet meer in aanraking kunnen komen met zaadcellen (zie afbeelding 5.2).

Afb. 5 Sterilisatie.



1 bij een man
2 bij een vrouw

OPDRACHTEN

1

In de tabel staan al enkele gegevens over voorbehoedsmiddelen.
Vul de tabel verder in.

Methode van geboorteregeling	Werking	Eventuele voordelen	Eventuele nadelen
NuvaRing			Kan bijwerkingen hebben, bijvoorbeeld misselijkheid en hoofdpijn, kleine kans op trombose.
Vrouwencondoom			Kan slechts één keer worden gebruikt.
Prikpil			Menstruatie wordt onregelmatig of blijft weg; na stoppen kan het lang duren voor menstruaties terugkomen.
Spiraaltje	Verandert het baarmoederslijmvlies waardoor innesteling niet meer mogelijk is.		
Sterilisatie		Hoeft maar één keer te gebeuren; alle seksuele functies gaan gewoon door.	Is moeilijk ongedaan te maken.

2

Vrouwen kunnen ervoor kiezen om een vrouwencondoom te gebruiken.
Geef drie redenen waarom vrouwen voor het vrouwencondoom kiezen als anticonceptiemiddel.

Ga naar de *Flitskaarten*.

8 De geboorte

LEERDOEL

4.8.16 Je kunt beschrijven hoe een bevalling verloopt.

TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	4.8.16
Onthouden	
Begrijpen	1, 2
Toepassen	3, 4, 5
Analyseren	

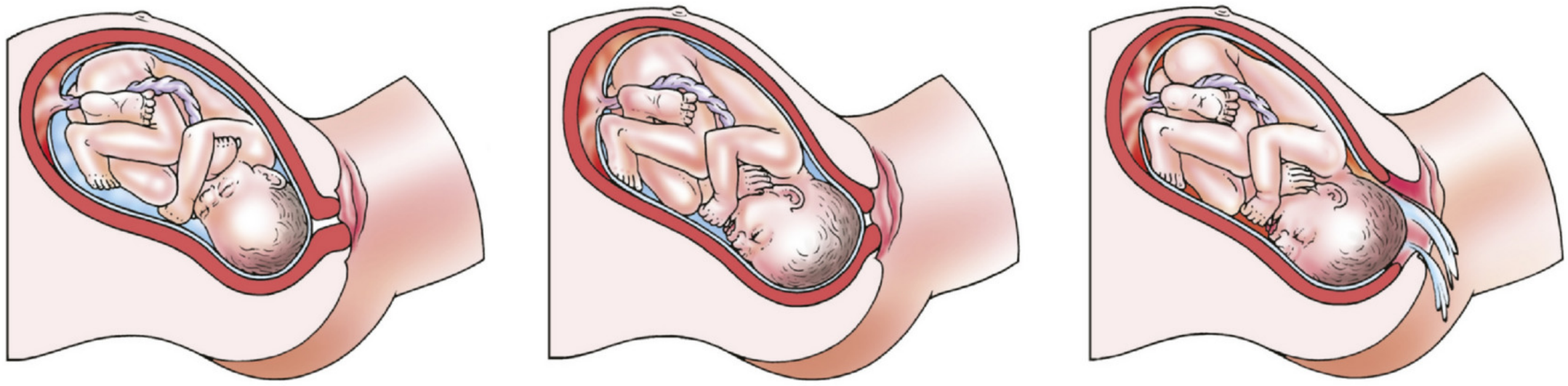
Na negen maanden zwangerschap wordt een baby geboren. De bevalling vindt plaats in verschillende fasen.

BEVALLING

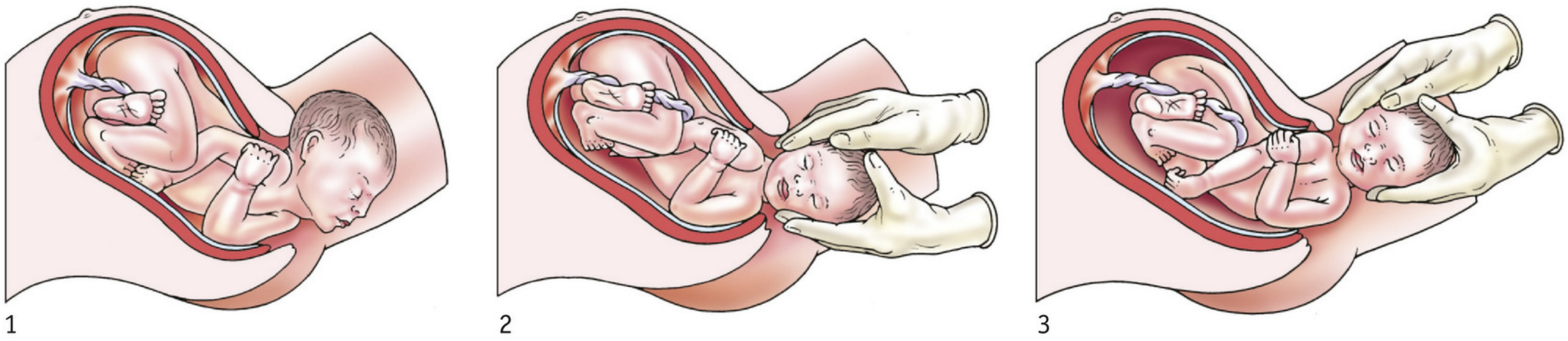
De eerste verschijnselen van de **bevalling** zijn meestal de **weeën**. Hierbij trekken de spieren in de baarmoederwand zich met tussenpozen samen. Tijdens de weeën worden de baarmoederhals en baarmoedermond wijder (zie afbeelding 1). Dat heet de **ontsluiting**. Hierbij breken meestal de vruchtvliezen, waardoor het vruchtwater via de vagina wegvloeit. Het kan wel twintig uur duren voor de ontsluiting voldoende groot is om het hoofdje erdoor te laten.

Hierna vindt de **uitdrijving** plaats (zie afbeelding 2). De weeën worden steeds krachtiger en ook de spieren in de buikwand gaan zich samentrekken. Door deze **persweeën** wordt het kind naar buiten geperst. De uitdrijving kan van enkele seconden tot wel twee uur duren.

Afb. 1 De ontsluiting.

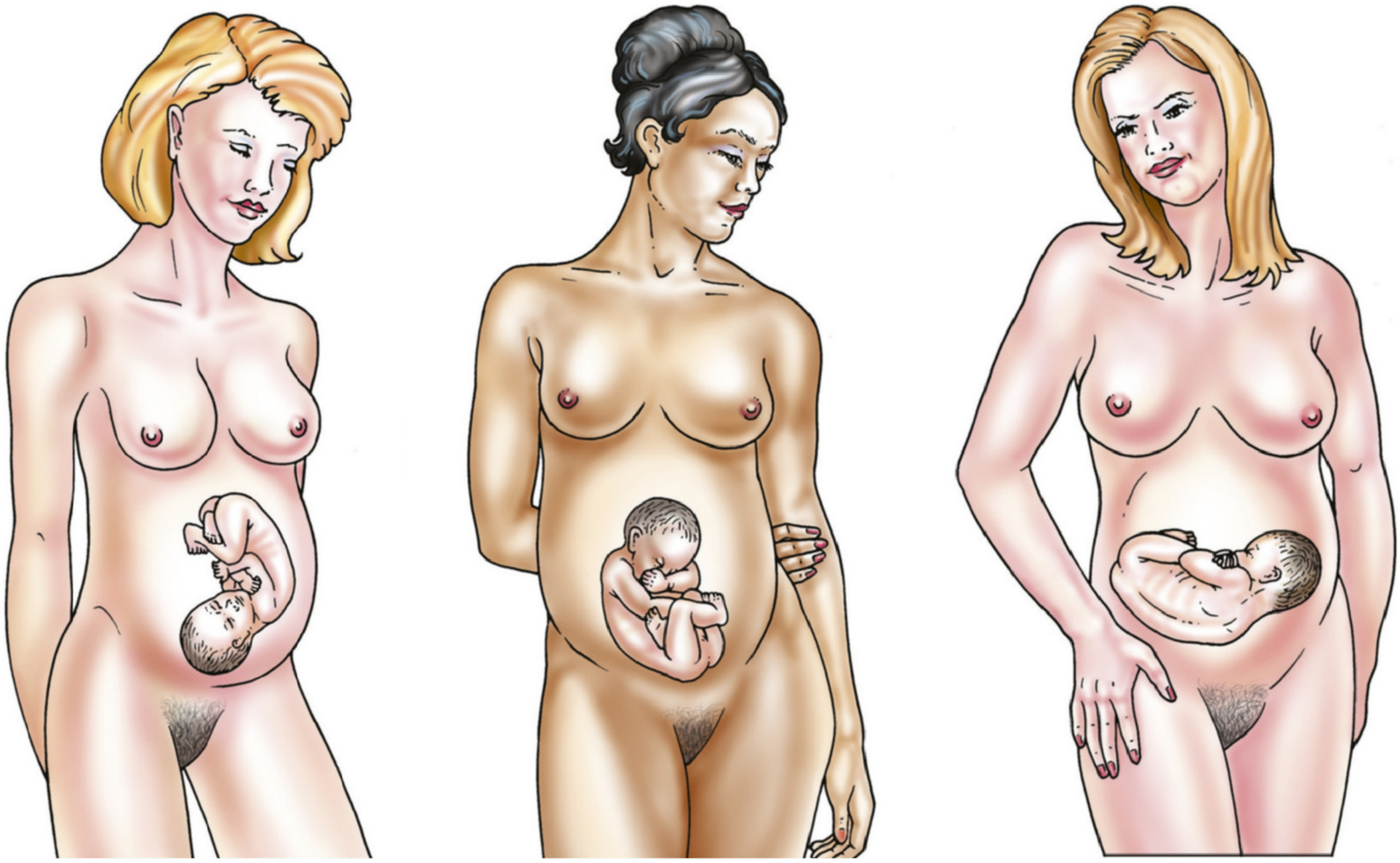


Afb. 2 De uitdrijving.



Bij een normale bevalling komt eerst het hoofdje naar buiten (zie afbeelding 3.1). Bij een **stuitligging** (zie afbeelding 3.2) komt eerst het kontje of een voetje naar buiten. Bij een **dwarsligging** (zie afbeelding 3.3) kan het kind niet via de vagina worden geboren. Door een operatie via de buikwand (**keizersnede**) komt het kind ter wereld. Ook bij een stuitligging wordt het kind vaak geboren via een keizersnede. Een dwarsligging komt niet vaak voor.

Afb. 3 Ligging in de buik van de moeder.



1 normale ligging

2 stuitligging

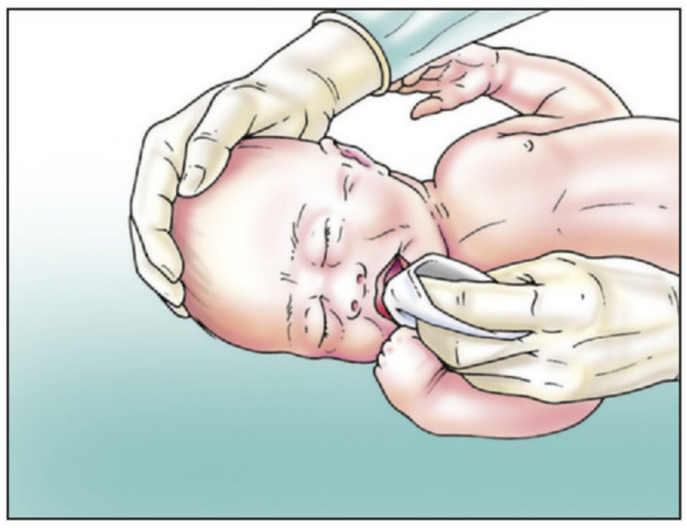
3 dwarsligging

NA DE BEVALLING

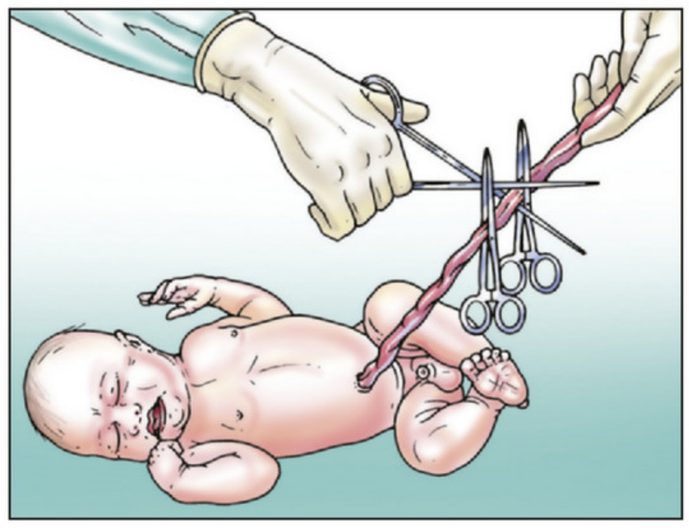
Na de geboorte worden restjes slijm uit de mond en luchtwegen van de baby gehaald (zie afbeelding 4.1). Vervolgens wordt de navelstreng afgeklemd en doorgeknipt (zie afbeelding 4.2). De baby begint meestal meteen te huilen. Dat is een goed teken: de ademhaling is op gang gekomen.
Het deel van de navelstreng dat aan de baby vastzit, droogt in ongeveer een week uit en valt dan af. Hierdoor ontstaat bij het kind een soort litteken op de buik: de **navel**.

Na de uitdrijving is de bevalling nog niet helemaal afgelopen. De placenta, de resten van de navelstreng en de vruchtvliezen worden door samentrekkingen van de baarmoederwand losgewoeld. Ze worden ongeveer een kwartier na de baby uitgedreven (zie afbeelding 4.3). Dit noem je de **nageboorte**. De nageboorte kan worden bespoedigd door een injectie met een hormoon. De verloskundige of arts controleert of de nageboorte compleet is.

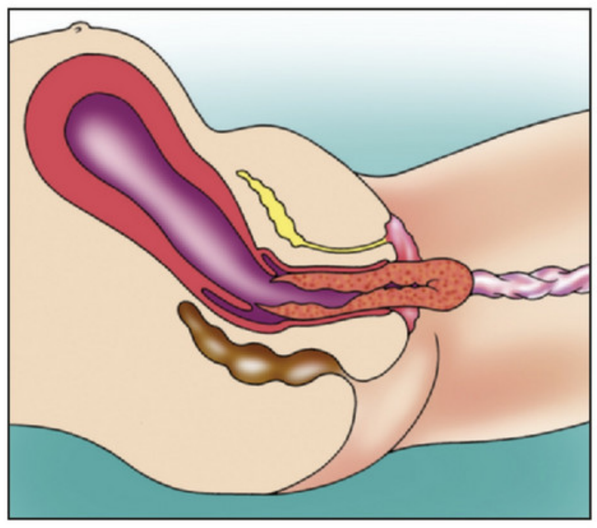
Afb. 4 Na de geboorte.



1 Restjes slijm worden uit de mond van de baby gehaald.



2 De navelstreng wordt afgeklemd en doorgeknipt.



3 nageboorte

OPDRACHTEN

1

Vul de zinnen aan. Gebruik daarbij: *baarmoederwand – buikwand – hoofdje – keizersnede – nageboorte – navel – navelstreng – ontsluiting – persweeën – placenta – slijm – stuitligging – uitdrijving – vruchtvliezen – vruchtwater – weeën*.

Tijdens de ..... wordt de onderkant van de baarmoeder wijder. Tijdens deze fase kunnen er ..... ontstaan. Dit zijn samentrekkingen van spieren in de baarmoederwand, die met tussenpozen plaatsvinden. De ..... kunnen tijdens deze fase breken, waardoor er ..... via de vagina wegvloeit. De fase die hierna volgt, is de ..... De spieren van de ..... gaan zich nu ook tijdens de weeën samentrekken en er ontstaan ..... Hierdoor wordt het kind naar buiten geperst. Bij een normale bevalling komt eerst het ..... naar buiten. Bij een ..... komt eerst het kontje of een voetje naar buiten. Bij een dwarsligging komt de baby via een ..... ter wereld. Na de geboorte wordt het ..... uit de luchtwegen gehaald. De ..... wordt afgeklemd en doorgeknipt. Het uiteinde hiervan dat aan de baby vastzit, droogt uit en valt af. Het litteken dat zo ontstaat, noem je de ..... Door samentrekkingen van de ..... worden de ..... en de resten van de navelstreng en de vruchtvliezen losgewoeld. Dit wordt de ..... genoemd.

2 Lees de tekst 'Verloskundige' in afbeelding 5.

a Verloskundige Anne zegt dat mevrouw Westenberg met de persweeën mag meepersen.
Welke fase van de bevalling begint dan? *weëen* / *ontsluiting* / *uitdrijving* / *nageboorte*

b Welke twee groepen spieren trekken zich samen tijdens de persweeën?

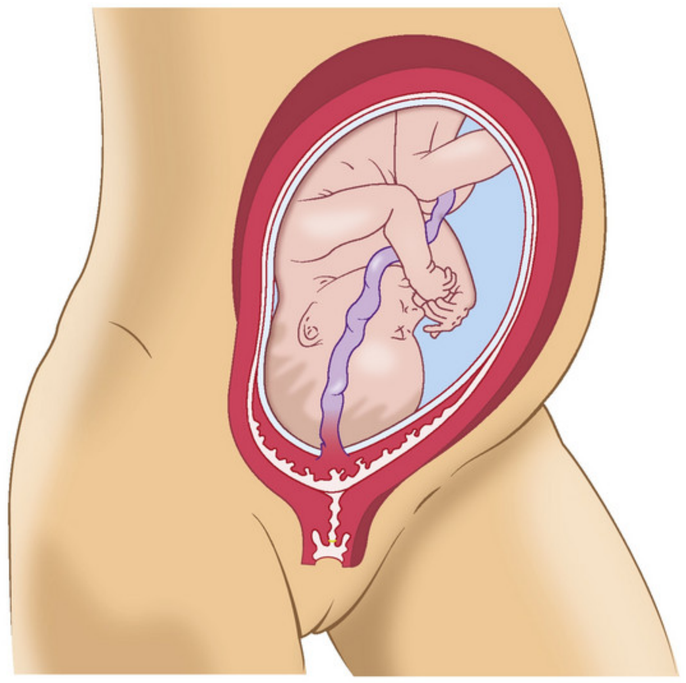
Afb. 5

Verloskundige

Anne werkt als verloskundige en begeleidt vrouwen tijdens hun zwangerschap, de bevalling en de eerste uren erna: 'Om je een indruk te geven van mijn werk zal ik kort wat van de laatste bevalling vertellen.
Om twee uur ben ik bij mevrouw Westenberg. Ze heeft flinke weeën en de vliezen zijn al spontaan gebroken. Ik bekijk hoe ze de weeën opvangt, hoe vaak de weeën komen en hoe sterk ze zijn. Dan voel ik hoe de baby ligt, luister naar het hartje en doe een inwendig onderzoek om te beoordelen hoeveel ontsluiting mevrouw Westenberg heeft. Het blijkt volledige ontsluiting (10 cm). Ik zet alle spullen klaar en bel de kraamzorg. Wanneer de persweeën komen, mag mevrouw Westenberg meepersen. Na 45 minuten is er een mooie zoon geboren. De vader knipt de navelstreng door en ik onderzoek het kindje. Het is een gezond jongetje. Nadat ook de nageboorte heeft plaatsgevonden, is het tijd voor beschuit met muisjes. Ondertussen vul ik alle formulieren in en houd bij moeder en kind een oogje in het zeil. Dit was een snelle bevalling.
Soms is er wat bijzonders aan de hand. Bijvoorbeeld bij een stuitligging of als de baby zich niet prettig voelt en in het vruchtwater heeft gepoept. De baby wordt dan meestal in het ziekenhuis geboren. Voor veel vrouwen is de zwangerschap een spannende en toch ook leuke tijd. Hoewel er ook allerlei klachten door de zwangerschap kunnen ontstaan en de bevalling natuurlijk erg pijnlijk is. Het geeft mij toch voldoening als ik in deze bijzondere tijd voor een vrouw iets kan betekenen.'

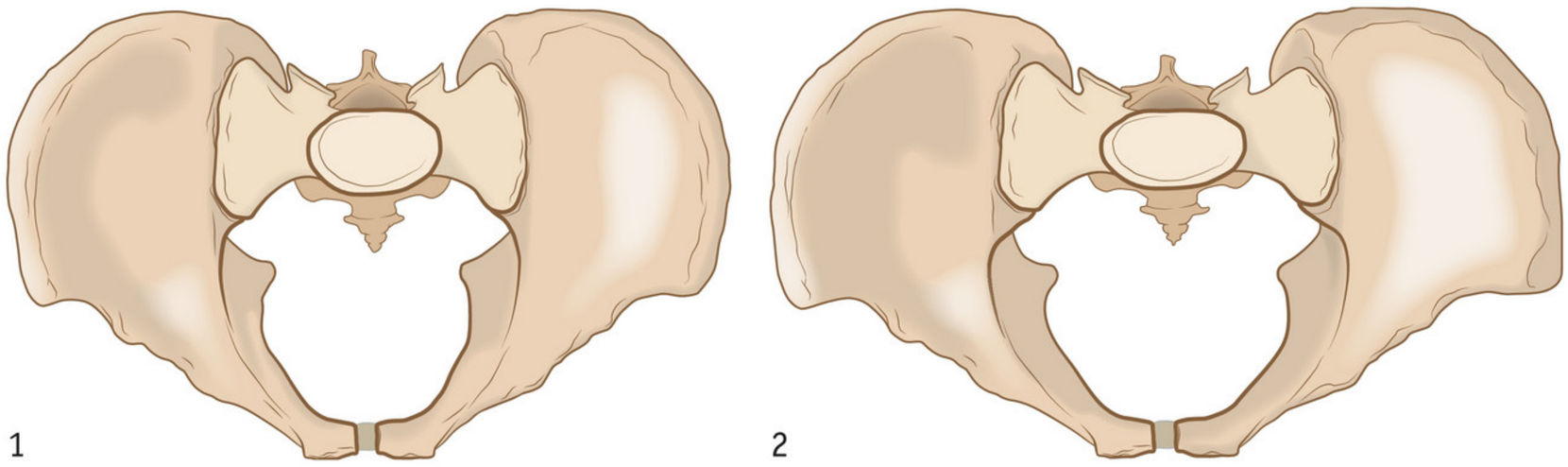
3 Hoe zal het kind in afbeelding 6 worden geboren: via de vagina of via een keizersnede? Leg je antwoord uit.

Afb. 6



4 In afbeelding 7 zie je twee keer het bekken van een vrouw getekend.
Bij welke vrouw zal men eerder kiezen voor een keizersnede: bij vrouw 1 of bij vrouw 2?
Leg je antwoord uit.

Afb. 7 Bekkens van twee zwangere vrouwen.



5 Lees de tekst 'Smoes blijkt toch spoedbevalling' in afbeelding 8.

a Welke fase van de bevalling is begonnen vlak voor de man en vrouw van huis reden?
ontsluiting / *uitdrijving* / *nageboorte*

b Welke fase van de bevalling is begonnen op het moment van aanhouding door de politie?
ontsluiting / *uitdrijving* / *nageboorte*

c Welke fase van de bevalling is begonnen in de verloskamer van het ziekenhuis?
ontsluiting / *uitdrijving* / *nageboorte*

Afb. 8

Smoes blijkt toch spoedbevalling

EINDHOVEN – Een automobilist die bij een verkeerscontrole uit zijn autoraam riep dat zijn vrouw moest bevallen, maakte zich daarna snel uit de voeten. De agenten hadden deze smoes wel vaker gehoord en konden de man niet op zijn blauwe ogen geloven. Na een achtervolging door de politie bleek de man werkelijk een aanstaande moeder aan boord te hebben. Het hoofdje van de baby was volgens een politiewoordvoerster al te zien toen de man tot stoppen werd gedwongen. Toen bleek dat er werkelijk sprake was van acute barensnood is het stel onder politiebegeleiding naar het ziekenhuis gereden. Daar was de verloskamer al gereed. Even later zette de vrouw een gezonde zoon op de wereld. De vrouw bleek thuis plotseling weeën te hebben gekregen, waarna het stel halsoverkop naar het ziekenhuis was gereden.

Ga naar de *Flitskaarten*.

Leren onderzoeken

1 RESULTATEN DIGITAAL VERWERKEN

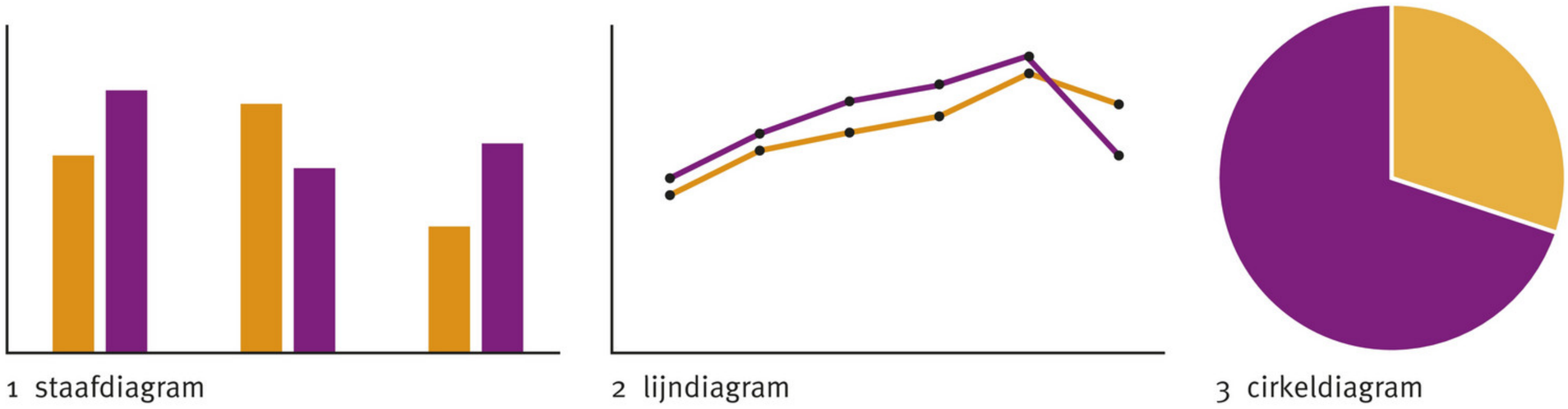
► Basisstof 5 | ► Leerdoel 4.0.17

Resultaten van een onderzoek geef je overzichtelijk weer met behulp van een tabel of een diagram. Je gebruikt een diagram wanneer je veel resultaten hebt of veel verschillende factoren hebt gemeten. Drie typen diagram zijn een staafdiagram, een lijndiagram en een cirkeldiagram (zie afbeelding 1).

Je kunt diagrammen op een computer maken. Het noteren en verwerken van je resultaten met de computer heeft verschillende voordelen:

- Je raakt je resultaten minder snel kwijt dan op (losse) papiertjes.
- Een computer kan de diagrammen voor je maken.
- Diagrammen zien er netter uit.
- Je kunt resultaten en diagrammen gemakkelijk delen met anderen.

Afb. 1 Drie typen diagram (schematisch).



1 staafdiagram 2 lijndiagram 3 cirkeldiagram

PROGRAMMA'S VOOR JE RESULTATEN

Er zijn verschillende programma's om tabellen en diagrammen te maken. Het meest gebruikte programma is Microsoft Excel (zie afbeelding 2.1 en afbeelding 3). De meeste mensen hebben Microsoft Excel op hun computer of laptop staan. Ook Google Sheets wordt veel gebruikt (zie afbeelding 2.2). Voor dit programma heb je internet nodig. Het voordeel van Google Sheets is dat je met meer mensen tegelijkertijd in een document kunt werken. Mensen die een computer of laptop van het merk Apple hebben, kunnen gebruikmaken van het programma Numbers (zie afbeelding 2.3). Dit programma staat standaard op elke computer of laptop van Apple.

Afb. 2 Apps om tabellen en diagrammen te maken.

1 Microsoft Excel 2 Google Sheets 3 Numbers

Afb. 3 Een werkblad in Excel.

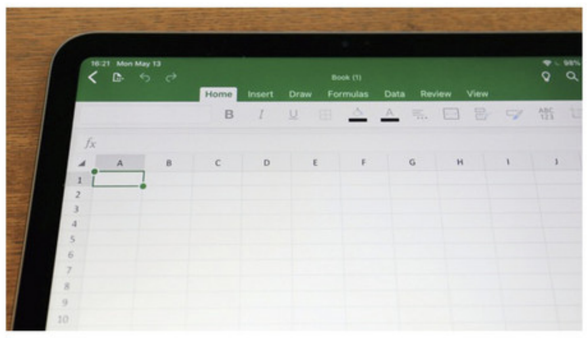


DIAGRAM MAKEN

Om een diagram te maken met de computer, maak je eerst een tabel in het programma. In de tabel zet je de gegevens waar je een diagram van wilt maken. Daarna selecteer je deze tabel. Kies dan het type diagram dat je wilt maken. Het programma maakt automatisch het gewenste diagram. Je kunt het diagram of de grafiek nog aanpassen, bijvoorbeeld door de kleuren te veranderen of bijschriften bij de assen en een legenda toe te voegen.

OPDRACHTEN

1 Lees de tekst 'Vruchtbare periode maakt aantrekkelijk?' in afbeelding 4.
Biologen onderzochten of het gezicht van een vrouw aantrekkelijker wordt gevonden in haar vruchtbare periode. Feylin trekt de conclusie dat je aan het gezicht van een vrouw kunt zien wanneer haar vruchtbare periode is, omdat vrouwen meestal aantrekkelijker worden gevonden tijdens de vruchtbare periode.

a Heeft Feylin gelijk? Leg je antwoord uit.

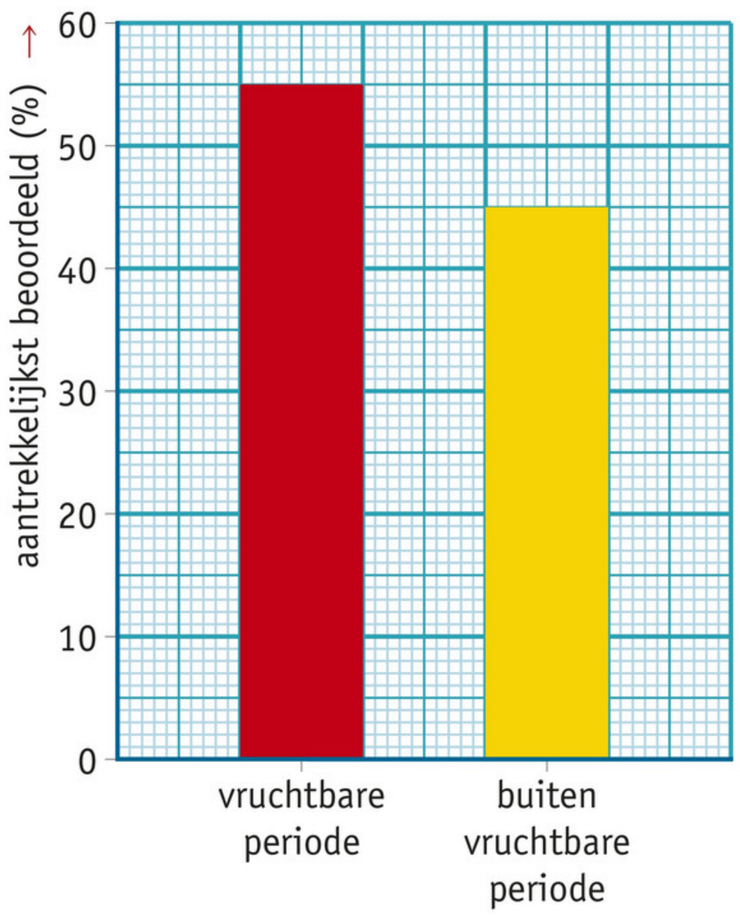
b Maak het staafdiagram in de tabel van afbeelding 4 na in Excel (of een ander programma).
Print het diagram en bewaar het bij deze opdracht.

c Omdat de resultaten in percentages zijn weergegeven, kun je ook een cirkeldiagram maken.
Maak van de resultaten een cirkeldiagram in Excel (of een ander programma). Zorg ervoor dat de percentages zichtbaar zijn in de cirkel.
Print het diagram en bewaar het bij deze opdracht.

Afb. 4

Vruchtbare periode maakt aantrekkelijk?

Bij veel dieren is duidelijk zichtbaar dat de vruchtbare periode aanbreekt. Bij chimpansees bijvoorbeeld zie je dat de geslachtsdelen opzwellen en roder worden (zie de foto). Maar bij mensen is dat niet zo duidelijk zichtbaar. Of misschien een klein beetje? Onderzoekers van de Universiteit van Newcastle vroegen zich af of de aantrekkelijkheid van het vrouwelijke gezicht varieert gedurende de menstruatiecyclus. Zou het gezicht van een vrouw in de vruchtbare periode aantrekkelijker worden beoordeeld?

ONDERZOEK	VRUCHTBARE PERIODE EN AANTREKKELIJKHEID
Onderzoeksvraag	Wordt het gezicht van een vrouw tijdens haar vruchtbare periode aantrekkelijker beoordeeld dan buiten haar vruchtbare periode?
Hypothese	Het gezicht van een vrouw wordt aantrekkelijker beoordeeld tijdens de vruchtbare periode.
Werkplan	Van 50 vrouwen in de leeftijd van 19 tot en met 33 jaar wordt twee keer een foto genomen: een keer in de vruchtbare dagen (of de paar dagen ervoor) en twee weken later. Daarna werd aan 250 mensen telkens gevraagd welke van de twee foto's ze het meest aantrekkelijk vonden.
Resultaten	

2 In afbeelding 5 staat een onderzoek naar het aantal mensen in Nederland dat zich laat testen op een soa.

a Waarom kun je van deze tabel het best een lijndiagram maken?

b Maak met de computer een lijndiagram van de gegevens in afbeelding 5.

- Zet een bijschrift bij de *y*-as.
- Zorg ervoor dat bij je diagram een legenda komt.
- Print het diagram en bewaar het bij deze opdracht.

c Twee leerlingen trekken een conclusie uit de resultaten van afbeelding 5.
Leerling 1: Het aantal heteroseksuele mannen dat een soa-test doet, is hoger dan het aantal homoseksuele mannen dat een soa-test doet.
Leerling 2: In 2018 was het aantal vrouwen dat een soa-test deed hoger dan het aantal mannen dat een soa-test deed.
Noteer voor iedere leerling of deze *gelijk* of *ongelijk* heeft en leg uit waarom. Geef bij leerling 2 ook een berekening.

Leerling 1 heeft ....., want .....

.....

.....

Leerling 2 heeft ....., want .....

.....

.....

.....

Afb. 5

ONDERZOEK	SOA-TESTS IN NEDERLAND
Onderzoeksvraag	Hoeveel mensen in Nederland laten zich testen voor een soa?
Werkplan	Van 2014 tot en met 2018 wordt het aantal mensen dat zich laat testen geregistreerd bij de huisartsen en de Centra Seksuele Gezondheid.
Resultaten	

Jaar	Heteroseksuele mannen	Homoseksuele mannen	Vrouwen
2014	40 856	29 939	70 219
2015	35 719	34 442	65 991
2016	35 065	40 340	67 600
2017	35 242	45 553	69 375
2018	33 041	49 873	68 710

3 In afbeelding 6 staat een onderzoek naar de betrouwbaarheid van negen manieren van geboorteregeling. De resultaten staan in een tabel.

a Maak van de resultaten een staafdiagram met de computer.
Wanneer er twee getallen staan, neem dan het gemiddelde.
Zet op de *x*-as de manieren van geboorteregeling. Zet op de *y*-as de Pearl-index.
Geef de *y*-as ook de titel 'Pearl-index'. Zorg ervoor dat bij je grafiek een legenda komt.

b In de tabel staan manieren van geboorteregeling ingedeeld naar betrouwbaarheid.
Trek een conclusie uit dit onderzoek door de tabel verder in te vullen.

Gemiddelde Pearl-index in de praktijk	Beoordeling	Geboorteregeling
0–3	Zeer betrouwbaar	
3–5	Redelijk betrouwbaar	
Groter dan 5	Onbetrouwbaar	

c Wat is het voordeel van het staafdiagram dat je hebt gemaakt, vergeleken met de tabel in afbeelding 6?

d Uit het onderzoek blijkt dat het condoom en het vrouwencondoom in de praktijk niet de meest betrouwbare voorbehoedsmiddelen zijn.
Leg uit waarom het toch verstandig kan zijn voor een van deze voorbehoedsmiddelen te kiezen.

e Een derde van de pilgebruikers vergeet de pil regelmatig op tijd in te nemen.
Wordt de Pearl-index voor de pil in de praktijk hierdoor hoger of lager? Leg je antwoord uit.

Afb. 6

ONDERZOEK	BETROUWBAARHEID VAN NEGEN MANIEREN VAN GEBOORTEREGELING
Onderzoeksvraag	Wat zijn betrouwbare manieren van geboorteregeling?
Werkplan	Van negen manieren van geboorteregeling wordt bepaald hoeveel zwangerschappen er in een jaar bij honderd seksueel actieve vrouwen in de vruchtbare leeftijd ontstaan, ondanks dat ze een bepaalde manier van geboorteregeling toepassen. De resultaten worden weergegeven met de Pearl-index (het zwangerschapscijfer). De Pearl-index in theorie geeft het percentage zwangerschappen weer als de betreffende methode perfect wordt toegepast. In de praktijk worden er echter af en toe fouten gemaakt in het gebruik.
Resultaten	

Manier van geboorteregeling	Pearl-index in theorie	Pearl-index in de praktijk
1 Condoom	2	5–12
2 De pil	2–3	5
3 Coïtus interruptus	1	12–38
4 Periodieke onthouding	3,3	6-49
5 NuvaRing	0,4	0,5–2
6 Prikpil	0,1	0,5
7 Vrouwencondoom	2,6	3–5
8 Spiraaltje	0,2	1–3
9 Sterilisatie	0,25	0,5

Practica

1 ZAADCELLEN

► Basisstof 3 | ► Leerdoel 4.3.6

20-30 minuten

WAT GA JE DOEN?

In dit practicum bekijk je een preparaat van zaadcellen. Van één zaadcel maak je een tekening.

BENODIGDHEDEN

- ☐ een microscoop
- ☐ een klaargemaakt preparaat van zaadcellen
- ☐ tekenmateriaal

WERKWIJZE

- Bekijk het preparaat onder de microscoop bij een vergroting van 40×. Zoek een stukje op waar je een zaadcel goed kunt zien.
- Bekijk de zaadcel bij een vergroting van 400×.
- Maak een tekening van de zaadcel. Geef de volgende delen aan: *kop – zweepstaart*.

2 EICELLEN

► Basisstof 3 | ► Leerdoel 4.3.6

20-30 minuten

WAT GA JE DOEN?

In dit practicum bekijk je een preparaat van een eierstok. In deze eierstok zitten eicellen. Van één eicel maak je een tekening.

BENODIGDHEDEN

- ☐ een microscoop
- ☐ een klaargemaakt preparaat van een eierstok met eicellen
- ☐ tekenmateriaal

WERKWIJZE

- Bekijk het preparaat onder de microscoop bij een vergroting van 40×. Zoek een stukje op waar je een eicel goed kunt zien.
- Bekijk de eicel bij een vergroting van 400×.
- Maak een tekening van de eicel.

3 EEN CONDOOM OMDOEN

► Basisstof 5 | ► Leerdoelen 4.5.10 en 4.5.11

15-25 minuten

WAT GA JE DOEN?

In dit demonstratiepracticum doet je docent voor hoe je een condoom omdoet bij een plastic penis. De docent laat ook zien wat je met een condoom doet na de zaadlozing.

Afb. 1

OPDRACHT

1

a Waarom moet de penis in erectie zijn als je een condoom omdoet?
b Waarom moet je voorzichtig zijn met scherpe nagels bij het omdoen van een condoom?
c Waarom moet je na de zaadlozing de onderkant van het condoom stevig vasthouden bij het terugtrekken van de penis?
d Waarom moet je het condoom controleren voordat je het weggooit?

4 SOA-TESTS

► Basisstof 5 | ► Leerdoel 4.5.11

30-45 minuten

WAT GA JE DOEN?

In dit practicum onderzoek je waar je bij jou in de buurt terecht kunt voor een soa-test.

BENODIGDHEDEN

☐ een computer met internet

WERKWIJZE

- Zoek op internet minstens drie organisaties die soa-tests aanbieden.
- Zoek voor deze drie organisaties het antwoord op de volgende vragen:
  - Hoe ver is de organisatie van je huis? Of is het online?
  - Kun je een test thuis doen, of op locatie van de organisatie?
  - Kun je anoniem een test laten doen?
  - Zijn de tests gratis?
  - Moet je een afspraak maken voor een test?
  - Worden de tests aangeboden door professionals of door vrijwilligers?
- Zet je antwoorden in de tabel. Als je andere kenmerken tegenkomt die je wilt onthouden, zet die dan ook in de tabel.
- Vergelijk je tabel met die van enkele klasgenoten. Misschien heeft een klasgenoot een organisatie gevonden die jij niet hebt, maar die wel in jouw buurt is. Zet dan de gegevens van die organisatie ook in je tabel.

Organisatie				
Afstand van huis				
Locatie test				
Anoniem?				
Gratis?				
Op afspraak?				
Professionals of vrijwilligers?				

Samenvatting

BASIS 1

DE PUBERTEIT

1 Je kunt primaire en secundaire geslachtskenmerken noemen.

- Geslacht (sekse): man of vrouw.
  - Intersekse: de geslachtskenmerken verschillen van de norm (man of vrouw), het lichaam heeft zowel mannelijke als vrouwelijke kenmerken.
- Geslachtskenmerken: lichamelijke kenmerken waaraan je het geslacht herkent.
- Primaire geslachtskenmerken zijn al bij de geboorte aanwezig.
  - bij jongens: balzak en penis
  - bij meisjes: schaamlippen en vagina
- Secundaire geslachtskenmerken ontstaan vanaf ongeveer het tiende levensjaar.
  - bij jongens: borsthaar, baardgroei, zwaardere stem, gespierde lichaamsbouw
  - bij meisjes: borsten, brede heupen, ronde lichaamsvormen

2 Je kunt de lichamelijke en geestelijke veranderingen in de puberteit beschrijven.

- Lichamelijke veranderingen in de puberteit.
  - Er vindt een snelle groei plaats (groeispurt).
  - De voortplantingsorganen gaan functioneren.
  - De secundaire geslachtskenmerken ontstaan.
- Geestelijke veranderingen in de puberteit.
  - Meer belangstelling krijgen voor andere mensen.
  - Soms verliefd worden op iemand.
  - Seksualiteit begint een belangrijke rol te spelen in het leven.
  - Je stelt je zelfstandiger op naar je ouders.
  - Anders omgaan met vrienden en vriendinnen, vaker vriendschappen in groepjes.
  - Soms boos, onzeker, eenzaam of verdrietig voelen.

BASIS 2

EEN VROUW

3 Je kunt de delen van het voortplantingsstelsel van een vrouw noemen met hun functies en kenmerken.

- Eierstokken: hierin vindt de ontwikkeling van de eicellen plaats.
  - Eicellen ontwikkelen zich in follikels.
  - Eicellen zijn de vrouwelijke geslachtscellen.
  - De ontwikkeling van de eicellen begint in de puberteit onder invloed van hormonen uit de hypofyse.
  - Een eicel bevat veel reservevoedsel.
- Baarmoeder (uterus): hierin kan een bevruchte eicel zich ontwikkelen tot een kind.
  - De baarmoeder heeft een dikke, gespierde wand die bekleed is met slijmvlies.
- Clitoris: gevoelig voor prikkels die een fijn gevoel geven.
  - clitoriseikel: gevoelig ‘knopje’ dat zichtbaar is aan de buitenkant
  - clitorishoed: huidplooi om de clitoriseikel
  - zwellichamen: vullen zich met bloed als de vrouw seksueel opgewonden raakt
- Buitenste schaamlippen: de dikke, behaarde huidplooien.
- Binnenste schaamlippen: de dunne, gladde huidplooien.
  - In de wand liggen klieren die bij seksuele opwinding slijm produceren.
  - Na de puberteit zijn de binnenste schaamlippen bij de meeste vrouwen groter dan de buitenste.
- Vagina: is aan de binnenkant bekleed met slijmvlies.
  - Rond de opening kan een randje weefsel zitten: het maagdenvlies.
  - Bij menstruatie worden slijmvlies en bloed via de vagina afgevoerd.

4 Je kunt de menstruatiecyclus beschrijven.

- Vanaf de puberteit tot aan de overgang rijpen follikels in de eierstokken.
  - Onder invloed van hormonen uit de hypofyse worden follikels groter en ontstaan er holten in, gevuld met vocht.
  - Cellen in de wand van de rijpende follikels produceren oestrogenen (vrouwelijke geslachtshormonen).
  - Onder invloed van oestrogenen ontstaan bij een meisje de secundaire geslachtskenmerken.
  - Een rijpe follikel neemt veel vocht op en barst open.
- Ovulatie (eisprong): het vrijkomen van een eicel uit een rijpe follikel.
  - Een eicel blijft na de ovulatie 12 tot 24 uur in leven.
  - Als de eicel wordt bevrucht, kan hij wel in leven blijven.
  - Uit het follikelweefsel dat in de eierstok achterblijft, wordt het gele lichaam gevormd.
- Menstruatie (ongesteld zijn): maandelijks afstoten van baarmoederslijmvlies en bloed.
- Menstruatiecyclus:
  - dag 1: begin van de menstruatie, afbraak baarmoederslijmvlies
  - dag 5 (ongeveer): begin opbouw baarmoederslijmvlies
  - dag 14 (ongeveer): ovulatie
  - dag 28: laatste dag van de cyclus, einde opbouw baarmoederslijmvlies

BASIS 3

EEN MAN

5 Je kunt de delen van het voortplantingsstelsel van een man noemen met hun functies en kenmerken.

- Balzak: huidplooi waarin teelballen en bijballen liggen. De temperatuur is iets lager dan die in de buikholte. Dat is gunstig voor de ontwikkeling van zaadcellen (spermacellen).
  - teelballen (testes): produceren onder invloed van stimulerende hormonen uit de hypofyse zaadcellen en het mannelijk geslachtshormoon testosteron
  - Onder invloed van testosteron ontstaan in de puberteit de secundaire geslachtskenmerken bij een jongen.
  - bijballen: tijdelijk opslaan van zaadcellen
- Zaadleiders: vervoeren van zaadcellen.
- Zaadblaasjes: voegen vocht en voedingsstoffen toe aan de zaadcellen.
- Prostaat: voegt vocht toe aan de zaadcellen.
- Urinebuis: vervoeren van urine en sperma.
  - Sperma bestaat uit zaadcellen en vocht uit de zaadblaasjes en de prostaat.
- Penis: sperma inbrengen in een vagina.
  - zwellichamen: brengen de penis in erectie
  - eikel: gevoelig voor prikkels die een fijn gevoel geven
  - voorhuid: huidplooi om de eikel
- Geslachtsgemeenschap: de penis beweegt op en neer in de vagina van een vrouw.
  - Bij een zaadlozing komt sperma met schokken uit de penis.

6 Je kunt de kenmerken van zaadcellen en eicellen noemen.

Zaadcellen	Eicellen
Erg klein	In verhouding groot
Kunnen zelf bewegen (met de zweepstaart)	Kunnen niet zelf bewegen
Bevatten geen reservevoedsel	Bevatten veel reservevoedsel
Vele miljoenen per zaadlozing	Meestal één eicel per vier weken

BASIS 4

SEKS ENZO

7 Je kunt omschrijven wat onder seksualiteit wordt verstaan.

- Seksualiteit bij de mens: alle gedachten, gevoelens en handelingen die te maken hebben met lust en opwinding.
- Seksualiteit speelt een rol bij:
  - intimiteit (een gevoel van verbondenheid in een liefdesrelatie)
  - lustbeleving (opwinding, lust, plezier)
  - voortplanting (geslachtsgemeenschap, zwangerschap)
- Orgasme (klaarkomen): een lekker gevoel door prikkeling van de eikel (van de penis of de clitoris).
  - Een man krijgt een zaadlozing.
  - Bij een vrouw spannen spieren rond de vagina zich aan.
- Zelfbevrediging (masturbatie): bij jezelf zorgen voor een orgasme.
- Porno(grafie): foto's, films en tekst met het doel om mensen seksueel te prikkelen.
  - Porno geeft geen realistisch beeld van seksualiteit.

8 Je kunt benoemen hoe gender en seksuele oriëntatie kunnen verschillen.

- Seksuele oriëntatie: tot welk geslacht iemand zich seksueel aangetrokken voelt.
  - heteroseksueel: valt op mensen van het andere geslacht
  - homoseksueel: valt op mensen van hetzelfde geslacht
  - biseksueel: valt op mensen van beide geslachten
  - aseksueel: voelt geen seksuele aantrekking
- Geslacht: lichamelijke geslachtskenmerken, bijv. penis of vulva.
- Gender: optelsom van eigenschappen en gedragingen die mannelijk of vrouwelijk worden gevonden, bijv. stoer of zorgzaam.
  - Genderidentiteit: of iemand zich mannelijk, vrouwelijk of iets daartussenin voelt.
  - Transgender: het geslacht (lichaam) komt niet overeen met de genderidentiteit (gevoel).

9 Je kunt benoemen hoe je wensen en grenzen kunt bewaken en respecteren in een seksuele relatie.

- Een gezonde seksuele relatie:
  - Jullie willen het allebei.
  - Jullie zijn gelijkwaardig.
  - Jullie hebben respect voor elkaar.
  - Jullie vertrouwen elkaar.
  - Jullie zeggen het eerlijk als je iets niet wilt of juist wel.
- Wensen: dingen die je fijn vindt, die je graag zou willen op het gebied van seks.
- Grenzen: dingen die je niet wilt (doen) op het gebied van seks.
- Seksueel grensoverschrijdend gedrag: iemand maakt seksuele opmerkingen of verricht seksuele handelingen, terwijl jij dat niet wilt.
  - Ongewenste intimiteiten: iemand raakt je aan terwijl je dat niet wilt.
  - Seksueel geweld: iemand dwingt je tot seksueel contact, bijv. aanranding, verkrachting, seksuele handelingen voor de webcam, loverboys.
  - Wat wel of niet grensoverschrijdend is, verschilt per persoon.
- Wensen en grenzen bewaken en respecteren:
  - Praat met elkaar over wat je wel en niet wilt.
  - Laat zonder woorden merken wat je wel of niet wilt.
  - Zeg het duidelijk als je iets niet wilt. Zeg dat de ander moet stoppen.
  - Doe niks tegen je zin, en doe ook niks wat de ander niet wil.

BASIS 5

VEILIG VRIJEN

10 Je kunt enkele methoden voor geboorteregeling noemen en hun werking uitleggen.

- Geboorteregeling: een vrouw bepaalt (meestal samen met een man) of zij een kind wil of niet.
- Onbetrouwbare methoden:
  - periodieke onthouding (geen geslachtsgemeenschap hebben in de vruchtbare periode rond de ovulatie)
  - coïtus interruptus (de man trekt zijn penis vlak voor de zaadlozing terug uit de vagina)
- Condoom: een rubber hoesje dat je om de penis doet.
  - Het sperma wordt opgevangen in het condoom, het komt niet in de vagina.
  - Een condoom beschermt ook tegen soa's.
- De pil: een pil die de vrouw elke dag op dezelfde tijd slikt.
  - De pil bevat hormonen waardoor geen ovulatie plaatsvindt.
  - De pil beschermt niet tegen soa's.
- Noodmaatregelen als er bij geslachtsgemeenschap iets is misgegaan:
  - morning-afterpil: mogelijk tot drie dagen na de geslachtsgemeenschap
  - abortus: toegestaan tot de 24e week van de zwangerschap

11 Je kunt enkele soa's noemen en uitleggen hoe je die kunt voorkomen.

- Soa's: seksueel overdraagbare aandoeningen of geslachtsziekten.
  - Ziekten die je alleen kunt krijgen via intiem lichamelijk contact met een besmet persoon.
- Soa's voorkom je door een condoom te gebruiken.
- Chlamydia: de meest voorkomende soa in Nederland.
  - De ziekteverwekker is een bacterie.
  - Ziekteverschijnselen: soms een (waterige) afscheiding uit de urinebuis of vagina, pijn bij het plassen of bloedverlies uit de vagina.
  - Onbehandelde chlamydia kan bij vrouwen leiden tot onvruchtbaarheid.
- Aids: de meest bekende soa.
  - De ziekteverwekker is een virus (hiv).
  - Bij een aidspatiënt is het afweersysteem tegen alle ziekteverwekkers aangetast. Daardoor heeft een aidspatiënt geen specifieke ziekteverschijnselen.
  - Besmetting kan plaatsvinden via bloed, sperma, vaginaal vocht of voorvocht.
  - Een seropositief persoon is besmet met hiv, maar is nog niet ziek.
  - Aids wordt behandeld met hiv-remmers, die de ziekte vertragen maar niet genezen.
- Andere soa's: o.a. genitale wratten, genitale herpes.

BASIS 6

ZWANGERSCHAP

12 Je kunt beschrijven hoe de bevruchting bij de mens verloopt.

- Zaadcellen bewegen door de baarmoeder naar de eileiders.
- Bevruchting: het versmelten van de kern van een zaadcel met de kern van een eicel.
  - Bevruchting vindt plaats in een eileider.
  - Bevruchting is mogelijk in de vruchtbare periode (van ongeveer drie dagen vóór de ovulatie tot één dag na de ovulatie).
  - Een eicel kan maar door één zaadcel worden bevrucht. De buitenste laag van de eicel wordt ondoordringbaar nadat de kop van een zaadcel is binnengedrongen.
- Een bevruchte eicel deelt zich een aantal keren. Het klompje cellen dat zo ontstaat, wordt naar de baarmoeder vervoerd.

13 Je kunt beschrijven hoe een zwangerschap verloopt.

- Onder invloed van oestrogenen uit de rijpende follikels wordt het baarmoederslijmvlies dikker en sterker doorbloed.
  - Het gele lichaam produceert hormonen (o.a. oestrogenen), waardoor het baarmoederslijmvlies nog dikker wordt.
  - Als de eicel niet wordt bevrucht, sterft het gele lichaam af. Hierdoor worden er te weinig hormonen geproduceerd om het baarmoederslijmvlies in stand te houden. Er vindt menstruatie plaats.
  - Als de eicel wel wordt bevrucht, blijft het gele lichaam hormonen produceren. Het baarmoederslijmvlies wordt niet afgestoten. Er vindt geen menstruatie plaats.
- Innesteling: het klompje cellen zet zich vast in het baarmoederslijmvlies.
  - Het klompje cellen groeit uit tot embryo. Vanaf de achtste week na de bevruchting wordt het embryo foetus genoemd.
  - In de eerste weken van de zwangerschap zorgt het baarmoederslijmvlies voor de voeding. Daarna ontstaat in de baarmoederwand de placenta.
  - Tijdens de zwangerschap treden geen menstruaties op.
- Placenta (moederkoek): deel van de baarmoederwand waar bloed in bloedvaten van het embryo vlak langs bloed van de moeder stroomt.
  - Het bloed van de moeder blijft gescheiden van het bloed van het embryo.
  - Zuurstof en voedingsstoffen gaan van het bloed van de moeder naar het bloed van het embryo.
  - Afvalstoffen gaan van het bloed van het embryo naar het bloed van de moeder.
- Navelstreng: verbindt het embryo met de placenta.
  - Door bloedvaten stroomt bloed van het embryo naar de placenta en terug.
- Twee vruchtvliezen en vruchtwater: beschermen het embryo tegen stoten, tegen uitdroging en tegen wisseling van temperatuur.
  - In het vruchtwater kan het embryo zich gemakkelijk bewegen.

14 Je kunt uitleggen wat prenataal onderzoek is en hiervan voorbeelden noemen.

- Prenataal onderzoek (‘voor de geboorte’): onderzoek tijdens de zwangerschap.
  - Onderzoeken of de vrouw een verhoogde kans heeft op een kind met een aangeboren afwijking.
  - Om het geslacht van de foetus te bepalen.
- Echoscopie (echo): met geluidsgolven wordt een beeld gemaakt van de foetus in de baarmoeder.
  - Na ongeveer tien weken: bepalen hoelang de vrouw precies zwanger is.
  - Na ongeveer twintig weken: opsporen van afwijkingen in de ontwikkeling van de foetus. Ook is het mogelijk om het geslacht van de foetus te zien.
- Combinatietest: bloedonderzoek en nekplooimeting.
  - Bloedonderzoek: bij de moeder wordt bloed afgenomen en onderzocht.
  - Nekplooimeting: bij de echo wordt de nekplooi van de baby gemeten.
- NIPT: niet-invasieve prenatale test.
  - Bij de moeder wordt bloed afgenomen en onderzocht. In het bloed zit een beetje DNA van de placenta. Dit is bijna altijd hetzelfde DNA als dat van het kind.
  - Uit het bloedonderzoek kan blijken dat er een verhoogde kans is op een kind met een aangeboren afwijking.

EXTRA 7

MEER VOORBEHOEDSMIDDELEN

15 Je kunt andere manieren noemen om zwangerschap te voorkomen.

- NuvaRing, anticonceptiepleister, anticonceptiestaafje, prikpil.
  - Hormonen voorkomen dat ovulatie plaatsvindt.
  - Bij goed gebruik even betrouwbaar als de pil.
- Vrouwencondoom: wordt voor het vrijen in de vagina ingebracht.
  - Het vrouwencondoom is betrouwbaar.
  - Het condoom beschermt ook tegen soa's.
- Spiraaltje: wordt in de baarmoeder ingebracht.
  - Kan gedurende ongeveer vijf jaar zwangerschap verhinderen.
  - Koperspiraaltje: tast zaadcellen aan en verhindert innesteling.
  - Hormoonspiraaltje: de werking van hormonen gaat bevruchting en innesteling tegen.
  - Het spiraaltje is erg betrouwbaar.
- Sterilisatie: de man of vrouw wordt onvruchtbaar gemaakt.
  - Zaadleiders of eileiders worden onderbroken.
  - De ingreep is erg betrouwbaar.

EXTRA 8

DE GEBOORTE

16 Je kunt beschrijven hoe een bevalling verloopt.

- De geboorte begint met de weeën: samentrekkingen van spieren in de baarmoederwand.
- Ontsluiting: de baarmoederhals en de baarmoedermond worden wijder.
  - De vruchtvliezen breken en het vruchtwater vloeit weg via de vagina.
- Uitdrijving: het kind komt ter wereld door krachtige persweeën.
  - Meestal komt het hoofdje het eerst tevoorschijn.
- Bevalling:
  - Normale bevalling: eerst komt het hoofdje naar buiten.
  - Stuitligging: eerst komt het kontje of een voetje naar buiten.
  - Dwarsligging: het kind kan niet via de vagina worden geboren, het komt ter wereld via een keizersnede.
- Nageboorte: de placenta, de resten van de navelstreng en de vruchtvliezen worden uitgedreven.
- Navel: hier zat de navelstreng vast aan de foetus.

ONDERZOEK

LEREN ONDERZOEKEN & PRACTICA

17 Je kunt resultaten digitaal verwerken in een tabel of grafiek.

Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

5 Erfelijkheid en evolutie

Het DNA in de celkern bevat informatie voor al je erfelijke eigenschappen. Ouders geven hun DNA door aan hun nakomelingen. Door kleine veranderingen in het DNA kunnen soorten ontstaan en verdwijnen.

BASISSTOF

1 Genotype en fenotype 102
2 Chromosomen 110
3 Genen en allelen 119
4 Transcriptie 128
5 De evolutietheorie 134
6 Geschiedenis van het leven op aarde 143
7 DNA-technieken 154
Samenhang 165
Bruine anolis ziet wit van crispr

EXTRA STOF

8 Dominant en recessief 168
9 Kruisingen 172

ONDERZOEK

Leren onderzoeken 177
Practica 179

AFSLUITING

Samenvatting 184
Diagnostische toets

1 Genotype en fenotype

LEERDOELEN

5.1.1 Je kunt omschrijven wat het genotype en het fenotype zijn.

5.1.2 Je kunt uitleggen dat cellen alleen de erfelijke informatie gebruiken die ze nodig hebben.

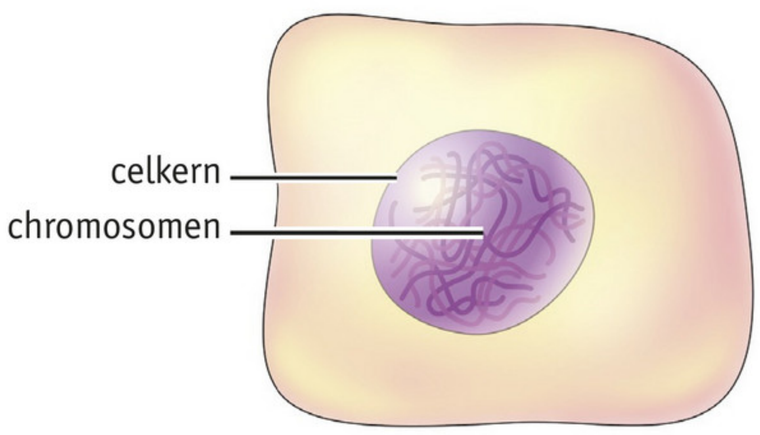
TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	5.1.1	5.1.2
Onthouden	2a	
Begrijpen	2bc, 3, 5	1, 4, 5
Toepassen	6ab, 9a, 10acd	7, 8, 10acd
Analyseren	6c, 9bc, 10b	10b

Je lichaam is opgebouwd uit cellen. Alle cellen hebben een celkern met daarin de informatie voor je erfelijke eigenschappen. Die informatie heb je gekregen van je ouders.

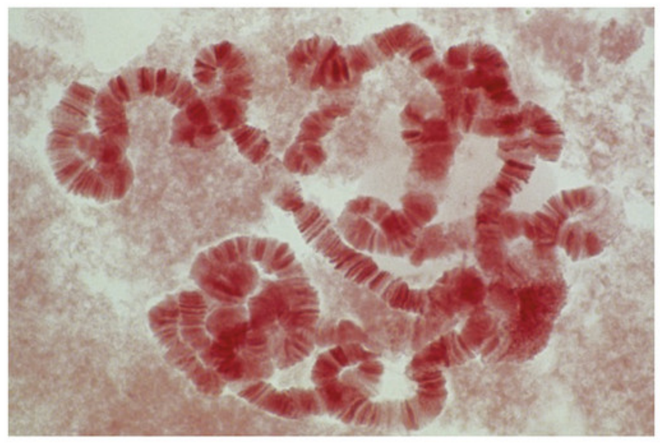
ERFELIJKE INFORMATIE

De cellen waaruit je lichaam is opgebouwd, heten **lichaamscellen**. Elke celkern van elke lichaamscel bevat 46 chromosomen (zie afbeelding 1). **Chromosomen** liggen als dunne draden in de celkern. Ze bestaan voor een groot deel uit de stof **DNA**. In deze stof is de informatie opgeslagen voor je erfelijke eigenschappen.

Afb. 1 Chromosomen.



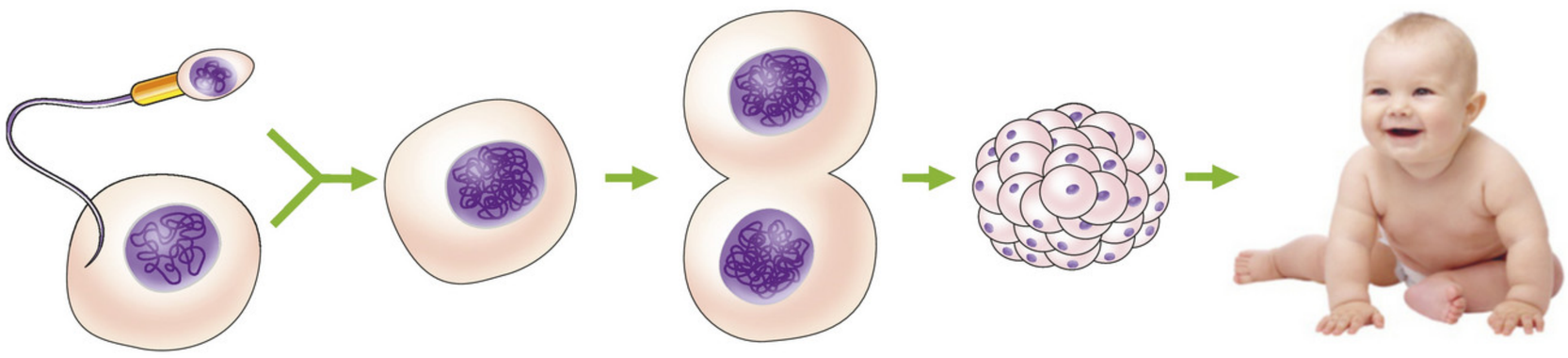
1 dunne draden in de celkern



2 microscopische foto

Al je lichaamscellen zijn door celdeling ontstaan uit één enkele, bevruchte eicel. Bij elke **celdeling** worden eerst de chromosomen gekopieerd (zie afbeelding 2). Daarna deelt de cel zich. Elke **dochtercel** krijgt een complete set chromosomen. Daardoor bevat elke celkern van elke lichaamscel dezelfde informatie. Deze informatie erf je van je ouders (de helft van je moeder, de helft van je vader).

Afb. 2 Bevruchting en celdeling.



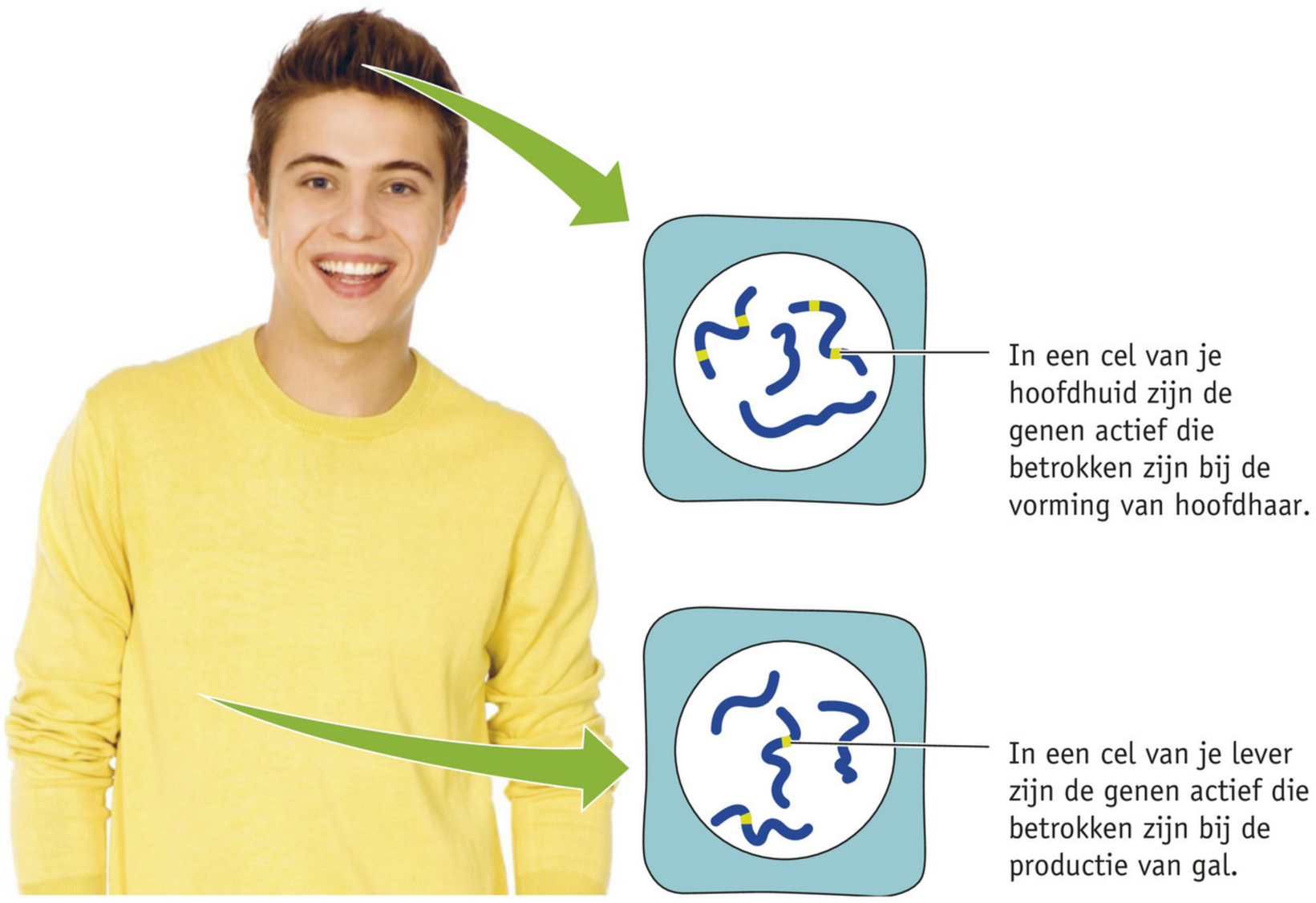
GENOTYPE

Het DNA bevat informatie over duizenden eigenschappen. Voor elke eigenschap zijn meerdere stukjes DNA nodig. De stukjes DNA die samen de informatie bevatten voor een eigenschap, vormen een **gen**. Het DNA in één celkern, dus alle genen samen, bevat de informatie voor al je erfelijke eigenschappen. Deze complete informatie noem je het **genotype**. Het genotype ontstaat op het moment van bevruchting.

Elke celkern in je lichaam bevat precies dezelfde genen. Maar niet alle genen zijn actief in alle cellen. Een cel gebruikt alleen de genen die hij nodig heeft. De andere genen zijn niet actief. Als een gen actief is, komt het gen tot uiting (in het fenotype). Het tot uiting komen van een gen wordt **genexpressie** genoemd. De genexpressie verschilt per cel. Dit hangt af van de plaats in het lichaam waar de cel zich bevindt (zie afbeelding 3). In levercellen bijvoorbeeld zijn de genen actief die ervoor zorgen dat de cellen gal produceren. De genen die ervoor zorgen dat hoofdhaar wordt gemaakt, zijn hier niet actief. In de huidcellen boven op je hoofd is dit net andersom: deze cellen maken geen gal, maar wel haren. Hier zijn dus de genen voor het maken van hoofdhaar actief.

Als een gen actief is, kan het een klein beetje tot erg actief zijn (zacht of hard staan). Bijvoorbeeld: cellen kunnen veel of weinig insuline maken, afhankelijk van de hoeveelheid glucose in het bloed. De genen voor de aanmaak van insuline kunnen dus hard of zacht staan.

Afb. 3 Elke lichaamscel bevat alle genen, maar niet alle genen zijn actief.



FENOTYPE

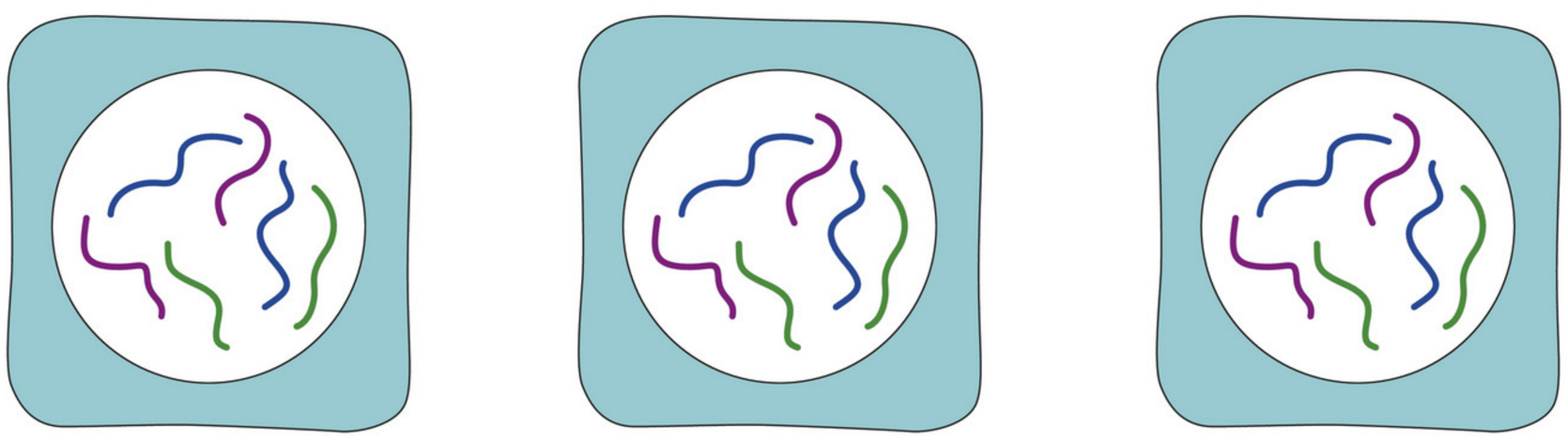
Alle eigenschappen van een organisme samen noem je het **fenotype**. Bij het fenotype horen zichtbare eigenschappen, zoals de oogkleur. Maar er horen ook eigenschappen bij die je niet kunt zien, zoals je bloeddruk of de bouw van je spiercellen.

Welke eigenschappen je precies krijgt in je leven, heeft te maken met je genotype, je leefstijl en je omgeving. Als je van jezelf bruin haar hebt, wordt die kleur veroorzaakt door je genotype. Maar als je het paars verft, ziet je haar er anders uit. Je fenotype verandert dan, maar je genotype verandert niet (zie afbeelding 4). Het genotype bevat nog steeds de informatie voor bruin haar. Als je in de zomer veel buiten bent, wordt je haar lichter. Ook dan verandert het genotype niet. Als je niets doet, groeit de paarse of lichte kleur vanzelf uit je haar en wordt het weer bruin.

Sommige eigenschappen worden vooral bepaald door je genotype, bijvoorbeeld de kleur van je ogen. Andere eigenschappen worden alleen bepaald door je leefstijl of omgeving, bijvoorbeeld een litteken of een tatoeage. Bij de meeste eigenschappen speelt zowel het genotype als de omgeving een rol. Het fenotype ‘gespierd zijn’ komt tot stand door een combinatie van erfelijke informatie (genotype) en training (leefstijl). Het fenotype is het resultaat van het genotype plus de invloeden uit de omgeving (milieu).

Afb. 4 Fenotype = genotype + invloeden uit het milieu.

Het fenotype verandert …



… het genotype niet.

KENNIS

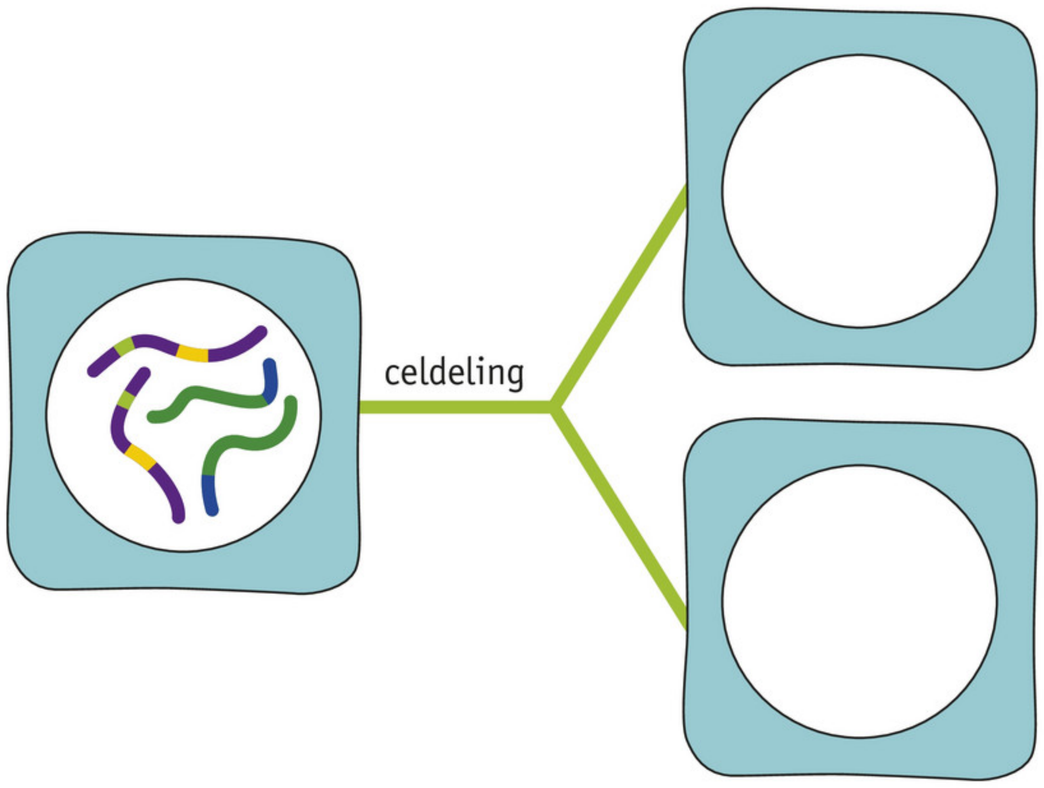
1

In afbeelding 5 is een lichaamscel schematisch getekend. In de lichaamscel zijn chromosomen en genen getekend. Bij een celdeling ontstaan twee dochtercellen.

a Teken in de dochtercellen de chromosomen met de genen.

b Hebben alle dochtercellen na een gewone celdeling hetzelfde genotype? *ja / nee*
Hebben alle dochtercellen hetzelfde genotype als de moedercel? *ja / nee*

Afb. 5 Celdeling.



2

a Alle eigenschappen van een organisme samen noem je het .....

De informatie voor de erfelijke eigenschappen van een organisme

noem je het .....

b Ed is een 15-jarige scholier.
Hier staan enkele eigenschappen van Ed. Geef bij elke eigenschap aan of deze wel of niet bij het fenotype hoort.

- blond haar vanaf de geboorte *wel / niet*
- groot longvolume *wel / niet*
- hoge bloeddruk *wel / niet*
- litteken op de rechterknie *wel / niet*
- tatoeage op de onderarm *wel / niet*

c Stel je voor: je hebt de vijf eigenschappen die hier zijn gegeven.
Kies bij elke eigenschap of je deze hebt gekregen door je genotype, door je leefstijl/omgeving, of door beide.

A	Je bent snel zenuwachtig bij proefwerken.	○	
B	Je hebt een gespierd lichaam.	○	○ 1 genotype
C	Je hebt een tatoeage.	○	○ 2 leefstijl/omgeving
D	Je hebt krullend haar vanaf je geboorte.	○	○ 3 beide
E	Je kunt goed gitaar spelen.	○	

3

Renate doet mee aan het tv-programma *Extreme make-over*, waarbij ze onder handen wordt genomen door een plastisch chirurg en door schoonheidsspecialisten. In afbeelding 6 zie je Renate voor en na de make-over.

a Noteer drie zichtbare eigenschappen die niet veranderd zijn.

b Noteer drie zichtbare eigenschappen die wel veranderd zijn.

c Verandert het fenotype van Renate door deze behandelingen? En het genotype?

- ○ A Alleen haar fenotype verandert.
- ○ B Alleen haar genotype verandert.
- ○ C Het fenotype en het genotype veranderen.
- ○ D Het fenotype en het genotype veranderen niet.

Afb. 6 Renate voor en na de behandeling.

4

In het lichaam wordt insuline gemaakt. Dit hormoon is nodig om het glucosegehalte van het bloed te verlagen als dat te hoog wordt. In afbeelding 7 zie je hoe het glucosegehalte van het bloed verandert gedurende een dag.

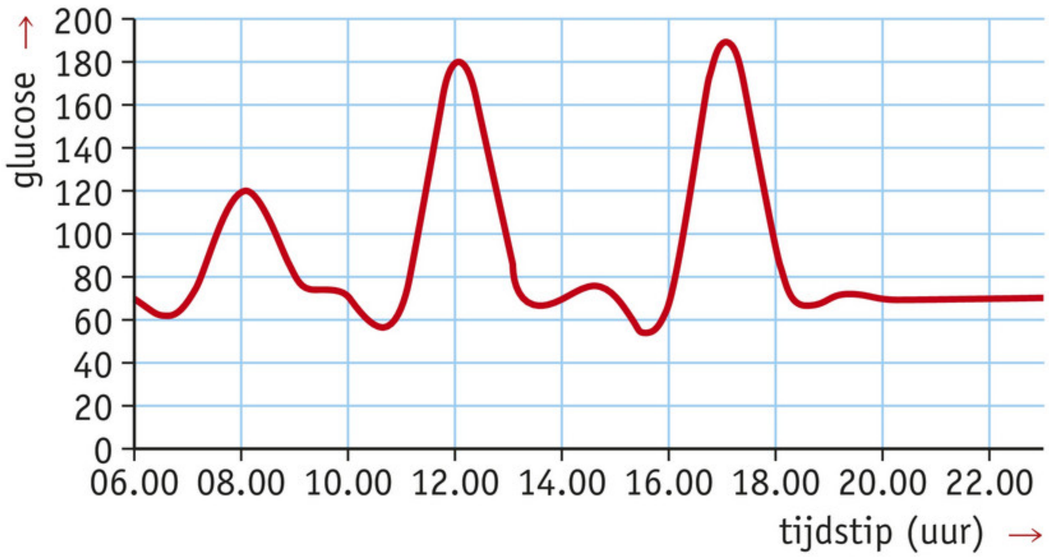
a Op welke twee tijdstippen is het gen voor de aanmaak van insuline weinig actief?

- ☐ A om 08.00 uur
- ☐ B om 10.00 uur
- ☐ C om 12.00 uur
- ☐ D om 16.00 uur
- ☐ E om 18.00 uur

b Insuline wordt geproduceerd in de alvleesklier. Andere lichaamscellen maken geen insuline.

Het genotype van cellen in de alvleesklier is *wel* / *niet* hetzelfde als het genotype van andere lichaamscellen. De genexpressie in cellen van de alvleesklier is *wel* / *niet* hetzelfde als de genexpressie in andere lichaamscellen.

Afb. 7 Glucosegehalte van het bloed.



5

Samenvatting

Leg in je eigen woorden de volgende begrippen uit: celdeling, chromosomen, DNA, fenotype, gen en genotype, genexpressie.

INZICHT

6

Dafne Schippers is een topatleet. Zij is recordhoudster op de 100 meter hardlopen. In 2015 legde zij deze afstand af in 10,81 s.

a Leg uit dat Dafnes leefstijl een rol speelt bij deze prestatie.

b Spieren bestaan uit snelle en langzame spiervezels. Snelle spiervezels gebruik je vooral voor korte, explosieve krachtinspanningen. De langzame spiervezels gebruik je voor langdurige krachtinspanningen. Als je ouder wordt, neemt het aantal snelle spiervezels af. Het aantal langzame spiervezels neemt toe.
Hoe zal deze verandering Dafnes prestaties beïnvloeden?

c Is de verandering in het aantal spiervezels het gevolg van een verandering in het genotype? Leg je antwoord uit.

7

Uv-straling van de zon is schadelijk voor je huid. Je huid wordt beschermd door melanine. Dit is een pigment dat in de huid ontstaat en de huid donkerder maakt. Melanine geeft ook kleur aan je haren en ogen. Dat je melanine kunt maken, heb je te danken aan een aantal genen.

a Wanneer zijn die genen het meest actief: in de winter of in de zomer? Leg je antwoord uit.

b Jos en Jennifer gaan op een zomerse dag naar het strand. Aan het eind van de dag is de huid van Jos wat donkerder geworden. De huid van Jennifer is rood.
Leg dit uit aan de hand van het genotype.

c Zijn de genen voor de aanmaak van melanine in een spiercel even actief als in een huidcel? Leg je antwoord uit.

8

Marion Jones en Tim Montgomery waren beiden topsporters. Als topatleten beschikten zij over explosieve spierkracht, snelle spiervezels en een goede spierstofwisseling. Samen kregen zij een zoon. Bij zijn geboorte werd voorspeld dat hij een grotere kans zou hebben om een topatleet te worden dan andere kinderen.

a Leg uit waardoor de zoon een grotere kans zou hebben om topatleet te worden.

b Uiteindelijk bleek dat Marion en Tim allebei doping hadden gebruikt om hun prestaties te verbeteren.
Leg uit dat hun zoon minder kans heeft om een topatleet te worden dan eerst werd gedacht.

Afb. 8 Marion Jones en Tim Montgomery.

+ 9

Met behulp van tweelingenonderzoek kan worden nagegaan hoe groot de invloed van het genotype en het milieu zijn op het voorkomen van bepaalde eigenschappen.
Bij een tweelingenonderzoek wordt gekeken hoe vaak kinderen van eeneiige tweelingen een verschillend fenotype hebben. Dat wordt vergeleken met verschillen in het fenotype bij twee-eiige tweelingen.
Een eeneiige tweeling ontstaat uit één eicel en één zaadcel. Een twee-eiige tweeling ontstaat uit twee eicellen en twee zaadcellen.

a Leg uit waarom eeneiige tweelingen worden vergeleken met twee-eiige tweelingen.

b Een klompvoet is een aangeboren afwijking van de stand van de voet (zie afbeelding 9).
Bij een tweelingenonderzoek werd onderzocht of deze afwijking door het genotype of door factoren uit de omgeving wordt bepaald. In tabel 1 zie je het resultaat van dit onderzoek.
Leg uit welke conclusies je kunt trekken uit dit onderzoek.

c Leg uit hoe de omgeving (het milieu) voor de geboorte invloed kan hebben op het fenotype.

Afb. 9 Röntgenfoto van een klompvoet.

Tabel 1

Eeneiige tweelingen			Twee-eiige tweelingen		
totaal	hetzelfde fenotype	verschillend fenotype	totaal	hetzelfde fenotype	verschillend fenotype
35	8	27	133	3	130

SAMENHANG wetenschap

AQUAMENSEN

In het zuidwesten van Indonesië leven de Bajau, een volk dat op en in het water leeft. De Bajau wonen op boten of in hutten op palen (zie afbeelding 10). Ze eten voornamelijk vis en schaaldieren. Bij het jagen op vis en het verzamelen van schaaldieren duiken ze zonder gebruik te maken van een moderne duikuitrusting tot 70 m diepte. Zonder zuurstoffles kunnen ze wel 13 minuten onder water blijven! Wetenschappers willen weten hoe de Bajau deze prestaties kunnen leveren. Daarom onderzochten ze de Bajau en een ander volk, de Saluan. De Saluan leven in hetzelfde gebied als de Bajau, maar het zijn echte 'landrotten'. De onderzoekers bepaalden onder andere de grootte van de milt, een orgaan dat veel zuurstofrijk bloed bevat. Die bleek bij de Bajau veel groter te zijn dan bij de Saluan. Ook bleek dat de milt bij de duikers even groot is als bij Bajau die andere taken uitvoeren.
Uit DNA-onderzoek bleek dat de Bajau genen hebben die ervoor zorgen dat er meer zuurstof wordt vervoerd naar organen die veel zuurstof nodig hebben. Andere genen van de Bajau zorgen ervoor dat koolstofdioxide trager in het bloed komt. Beide aanpassingen maken dat de Bajau bijzondere prestaties kunnen leveren onder water. De Bajau hebben dus niet alleen zeebenen, maar ook 'zeegenen'.

Afb. 10

10 Lees de tekst 'Aquamensen'.
Als je duikt, houd je je adem in. Je hartslag wordt langzamer en de bloedvaten in je ledematen trekken samen. Je milt trekt ook samen.

a Leg uit waarom een grote milt een voordeel is voor de Bajau.

b Bij het onderzoek is de milt van de duikers vergeleken met de milt van Bajau die taken uitvoeren waarbij ze niet hoeven te duiken. Alle Bajau hadden een even grote milt. Welke conclusie kun je hieruit trekken?

c Voor het DNA-onderzoek is bij de proefpersonen een monster genomen door met een wattenstaafje langs de binnenkant van de wang te wrijven. Zo'n monster bevat cellen van wangslijmvlies en speeksel. Speeksel bestaat uit water, slijm en enzymen.
Welk deel van het monster kan worden gebruikt voor DNA-onderzoek?

- ○ A cellen van het wangslijmvlies
- ○ B enzymen
- ○ C slijm
- ○ D water

d Voor DNA-onderzoek kunnen ook bloedmonsters worden gebruikt.
Welk bestanddeel van het bloed bevat DNA?

- ○ A bloedplaatjes
- ○ B bloedplasma
- ○ C rode bloedcellen
- ○ D witte bloedcellen

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

2 Chromosomen

LEERDOELEN

5.2.3 Je kunt uitleggen hoe elk van de ouders 50% van de chromosomen levert.
5.2.4 Je kunt uitleggen dat bij mensen het geslacht wordt bepaald door de geslachtschromosomen.
5.2.5 Je kunt uitleggen hoe door geslachtelijke voortplanting variatie in genotypen ontstaat.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	5.2.3	5.2.4	5.2.5	1.3.6**
Onthouden	1a		2	
Begrijpen	3, 4, 6	1bcd, 5de, 6	5abc, 6	11a
Toepassen	7, 8, 9, 11bc	9bc	7, 8, 9, 11bc	
Analyseren	11d	10	11d	

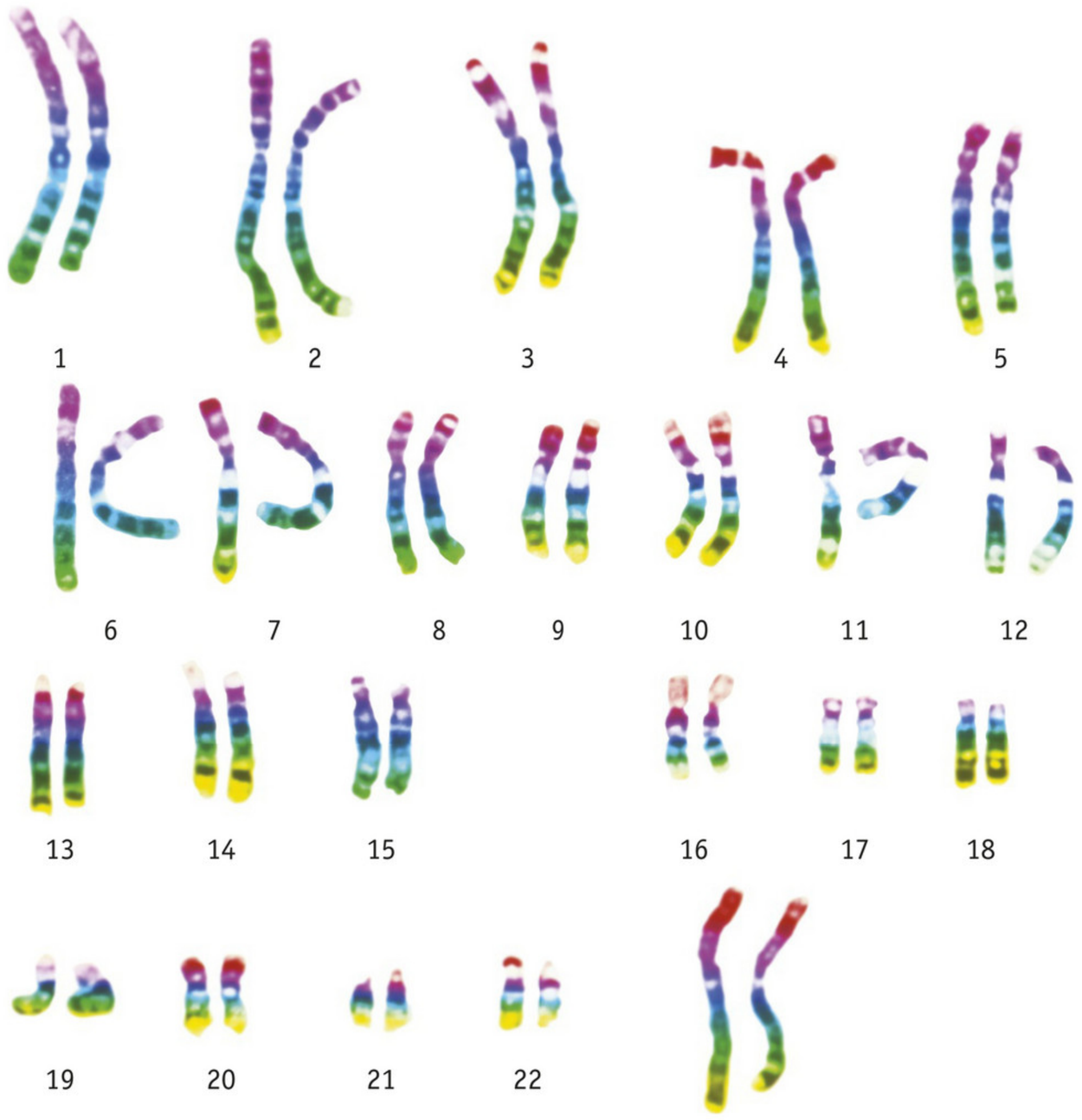
** Dit leerdoel vind je in een ander thema.

Ieder mens heeft duizenden erfelijke eigenschappen. De informatie hiervoor ligt in slechts 46 chromosomen. Van elk chromosoom heb je er twee.

PAREN

In afbeelding 1 zie je de chromosomen uit één lichaamscel van een vrouw, gerangschikt naar grootte en vorm. Een cel van een mens bevat 46 chromosomen. Die chromosomen komen in **paren** voor. Je hebt dus 23 paren chromosomen in een celkern. Dit geldt voor alle lichaamscellen.
De beide chromosomen van een paar bestaan uit dezelfde genen en bevatten dus informatie voor dezelfde erfelijke eigenschappen. Bijvoorbeeld: op beide chromosomen van paar nummer 15 liggen genen met informatie voor de oogkleur.

Afb. 1 De chromosomen van een vrouw, in paren gerangschikt.

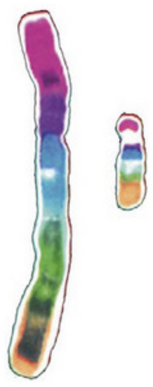


GESLACHT

Bij het 23e chromosomenpaar staat geen nummer maar 'XX' (zie afbeelding 1). Dit zijn de **geslachtschromosomen**. Bij een vrouw zijn de geslachtschromosomen gelijk aan elkaar. Een vrouw heeft twee X-chromosomen (XX). Bij een man zijn de geslachtschromosomen verschillend. Een man heeft een X- en een Y-chromosoom (XY, zie afbeelding 2).

Heel af en toe worden ook meisjes geboren met XY-chromosomen en jongens met XX-chromosomen. Dit zijn vormen van intersekse. Soms is intersekse bij de geboorte zichtbaar. De baby heeft dan zowel mannelijke als vrouwelijke geslachtskenmerken. Iemand kan ook de geslachtskenmerken hebben van één sekse, met een mix van mannelijke en vrouwelijke chromosomen en/of hormonen.

Afb. 2 De geslachts-chromosomen van een man.

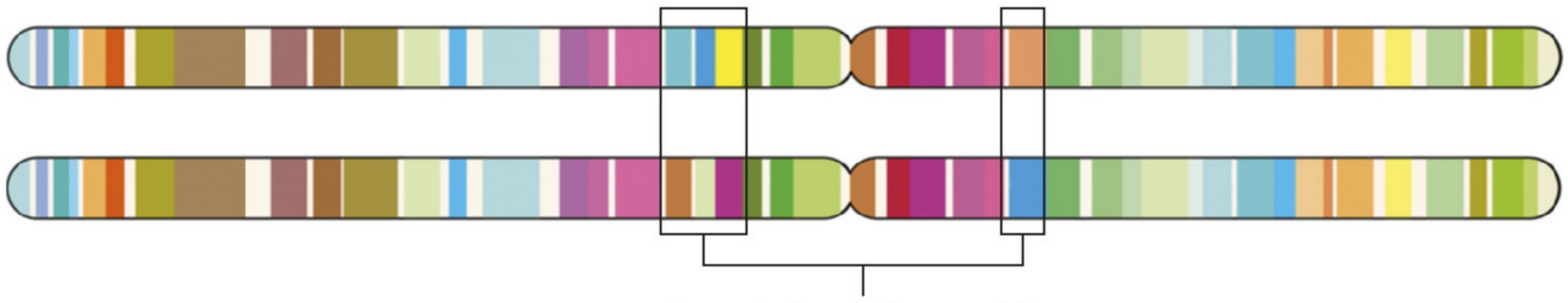


XY

VERSCHILLENDE INFORMATIE

In afbeelding 3 is één chromosomenpaar vergroot getekend. De plaatsen waar informatie is opgeslagen – de stukjes DNA of delen van genen – zijn in de tekening gekleurd (in het echt is dat niet zo). De twee chromosomen van een paar bevatten informatie voor dezelfde erfelijke eigenschappen. De gekleurde bandjes zijn daarom op beide chromosomen even breed.
De meeste bandjes hebben ook dezelfde kleur. Dat betekent dat de informatie op beide chromosomen gelijk is. Bijvoorbeeld: beide chromosomen bevatten de informatie voor blond haar.
Soms is de kleur van de bandjes verschillend. Op die plaats verschilt de informatie op de chromosomen. Het ene chromosoom bevat bijvoorbeeld de informatie voor bruine ogen, het andere voor blauwe ogen. De chromosomen bevatten dan verschillende **varianten van een gen**.
Van elk chromosomenpaar is één chromosoom afkomstig van de vader en één van de moeder. Daardoor kan de informatie op de twee chromosomen van een paar verschillend zijn.

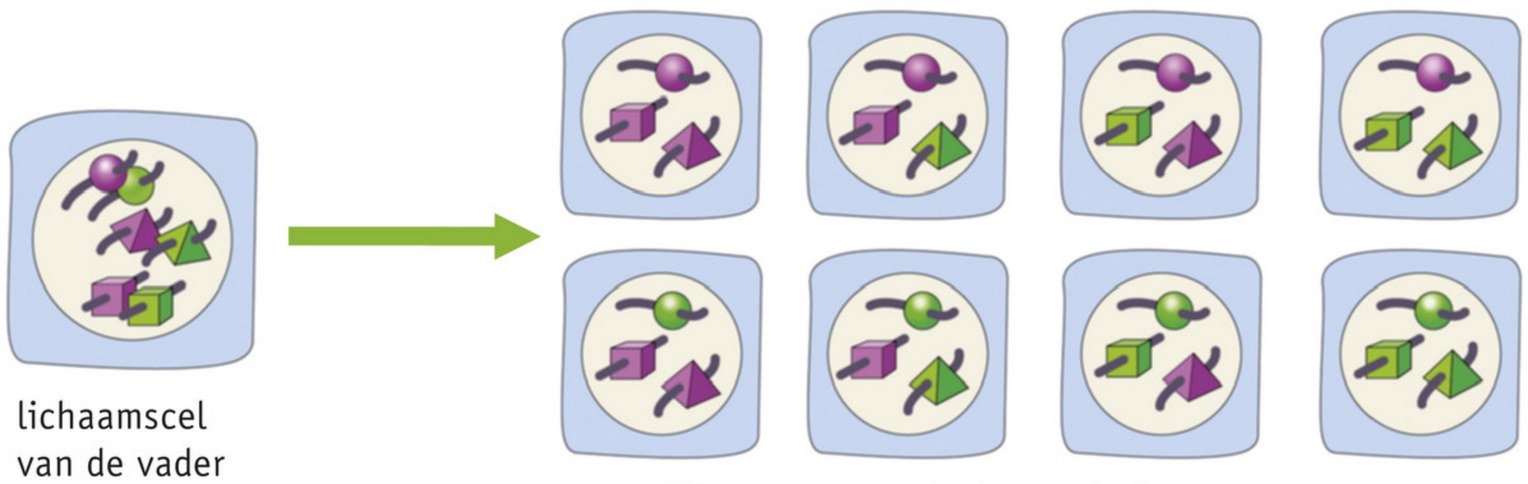
Afb. 3 Verschillende informatie op een chromosomenpaar.



GESLACHTSCELLEN

Bij geslachtelijke voortplanting versmelten de kernen van twee geslachtscellen (een eicel en een zaadcel). In **geslachtscellen** komen de chromosomen niet in paren voor maar enkelvoudig. Een geslachtscel van een mens bevat dus geen 46 chromosomen, maar slechts 23.
Geslachtscellen ontstaan door een speciale celdeling: de **meiose**. Bij meiose worden de chromosomen verdeeld over de dochtercellen (geslachtscellen). Daarbij krijgt elke geslachtscel één chromosoom van elk chromosomenpaar.
In afbeelding 4 is schematisch weergegeven hoe uit een lichaamscel geslachtscellen ontstaan. Je ziet een lichaamscel van de vader met drie chromosomenparen. Op elk chromosoom is een gekleurd blokje getekend. De vorm van de blokjes is gelijk (de genen bevatten de informatie voor dezelfde erfelijke eigenschap), de kleur is verschillend (de informatie in de genen is verschillend). Van deze chromosomenparen komt telkens één chromosoom in een zaadcel terecht. Welk van beide chromosomen in een geslachtscel terechtkomt, is afhankelijk van het toeval.
Je ziet dat er veel verschillende mogelijkheden zijn. Bij zaadcellen komt dan ook veel variatie in genotypen voor, net als bij de eicellen die een vrouw maakt.

Afb. 4 Bij de vorming van geslachtscellen ontstaat veel variatie in genotypen.



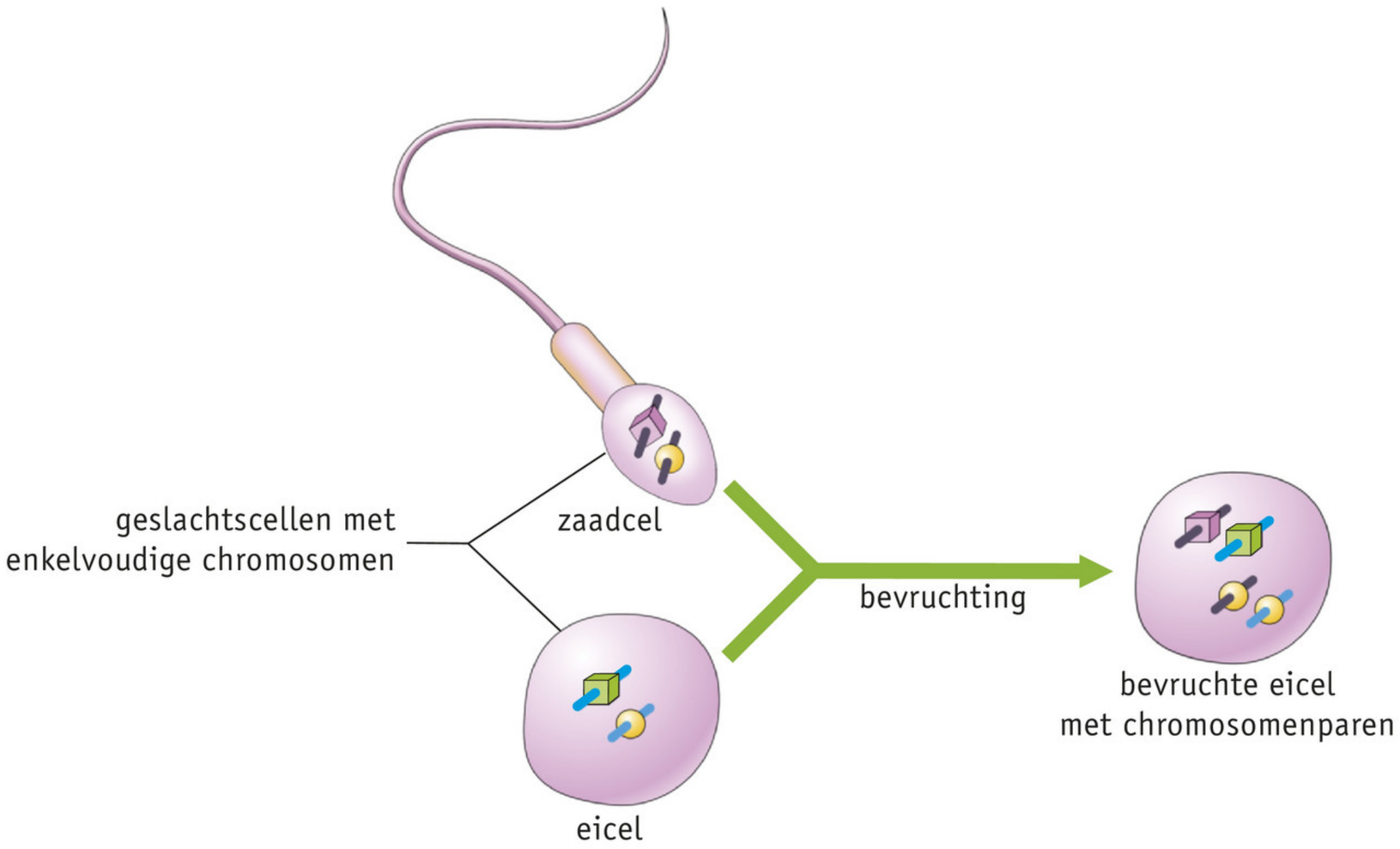
VARIATIE

Bij bevruchting versmelten de kern van een zaadcel en de kern van een eicel met elkaar. De 23 chromosomen van de zaadcel en de 23 chromosomen van de eicel komen bij elkaar in de kern van de bevruchte eicel. De kern van de bevruchte eicel bevat weer 46 chromosomen die 23 paren vormen. Van elk chromosomenpaar is één chromosoom afkomstig van de moeder en één van de vader (zie afbeelding 5).

Welk genotype de geslachtscellen hebben, is afhankelijk van het toeval. Er zijn veel verschillende mogelijkheden. Hierdoor heeft de nakomeling een andere combinatie van chromosomen dan de ouders. De nakomeling zal dan ook een ander genotype hebben dan de ouders. Bij geslachtelijke voortplanting ontstaat **variatie in genotypen** bij de nakomelingen (zie afbeelding 6).

Het geslachtschromosoom in de eicel is altijd een X. Het geslachtschromosoom in een zaadcel kan een X zijn of een Y. Bij de bevruchting ontstaat dan een chromosomenpaar XX of een chromosomenpaar XY. De baby wordt een meisje of een jongetje, en heel soms intersekse.

Afb. 5 Bevruchting.



Afb. 6 Verschillende fenotypen door variatie in genotypen.

KENNIS

1 In afbeelding 7 zie je een onderzoeker die alle chromosomen uit een menselijke cel op een beeldscherm bekijkt.

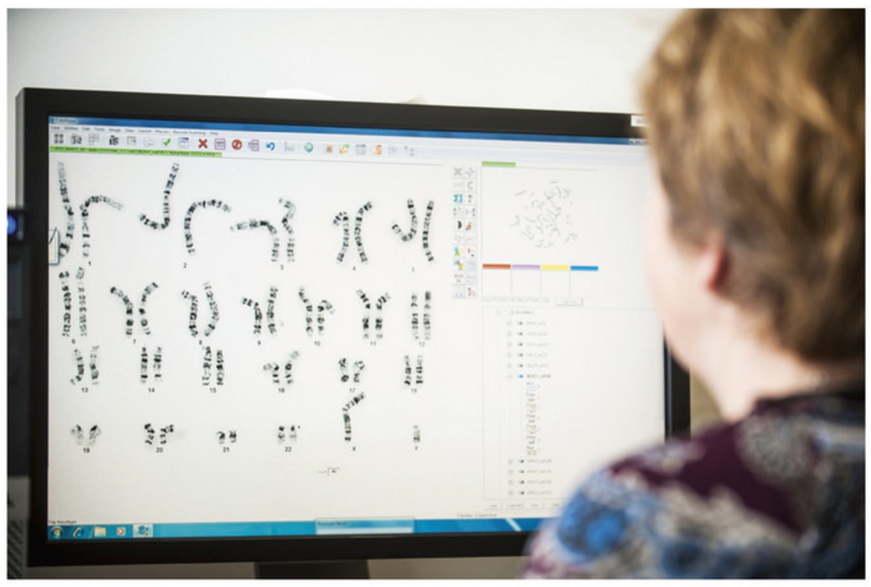
a Dit zijn de chromosomen uit een *geslachtscel* / *lichaamscel*, want de chromosomen komen *enkelvoudig* / *in paren* voor.

b Zijn de chromosomen die de onderzoeker bekijkt, afkomstig van een man of een vrouw? Leg je antwoord uit.

c De onderzoeker bekijkt ook de chromosomen van een geslachtscel van een mens. Een van de chromosomen is een X-chromosoom. De onderzoeker trekt hieruit de conclusie dat de chromosomen afkomstig zijn uit een eicel.
Is deze conclusie juist? Leg je antwoord uit.

d Welke geslachtscel bepaalt bij geslachtelijke voortplanting of de nakomeling een jongen of een meisje is: de zaadcel of de eicel? Leg je antwoord uit.

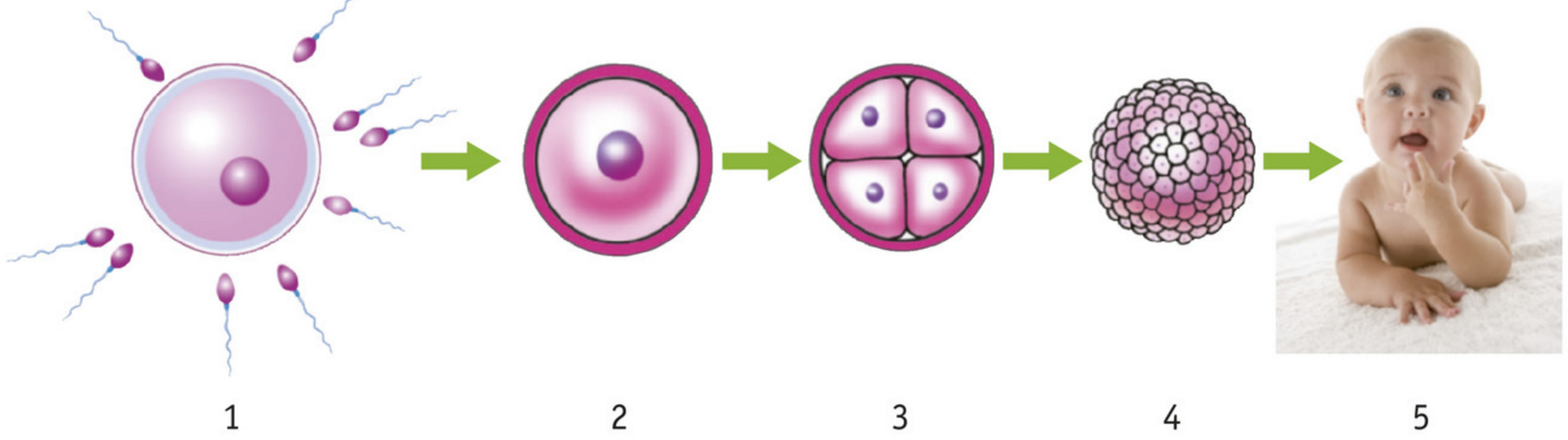
Afb. 7 Chromosomen van een mens.



2 In afbeelding 8 zie je het ontstaan van een mens in vijf stappen getekend.
In welke stap komt het genotype tot stand?

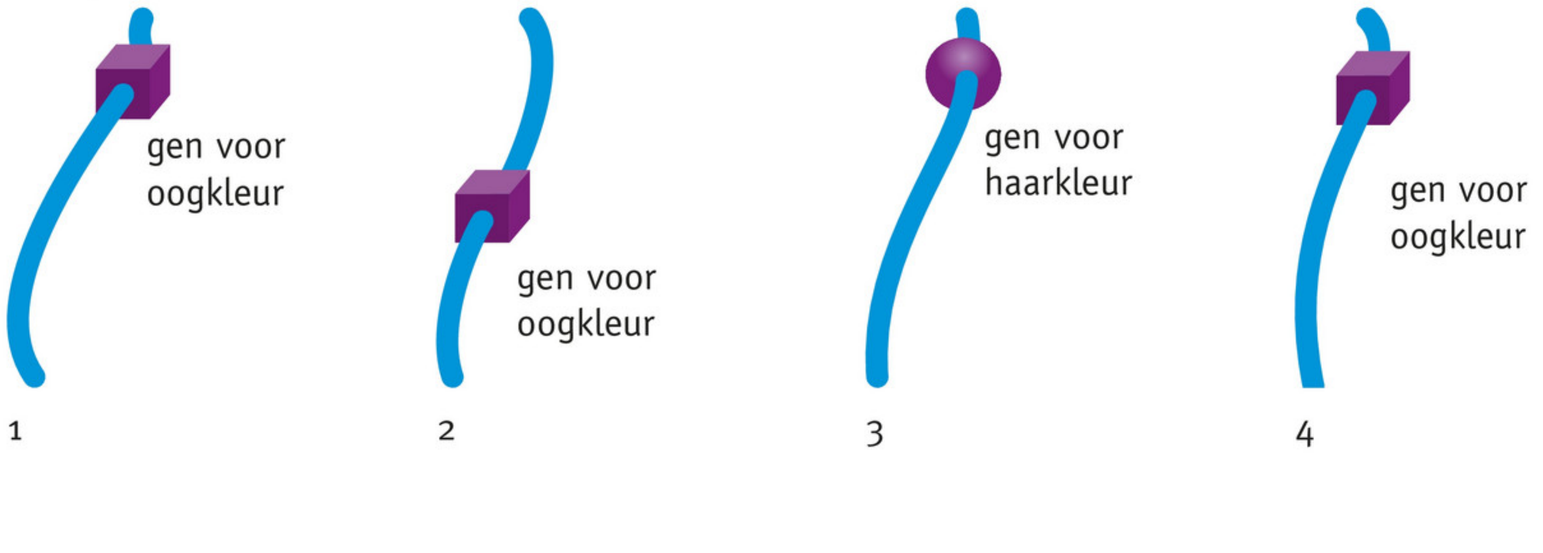
- ○ A in stap 1
- ○ B in stap 2
- ○ C in stap 3
- ○ D in stap 4
- ○ E in stap 5

Afb. 8



3 In afbeelding 9 zijn vier chromosomen schematisch getekend.
Welk chromosoom vormt een paar met chromosoom 1? Leg je antwoord uit.

Afb. 9



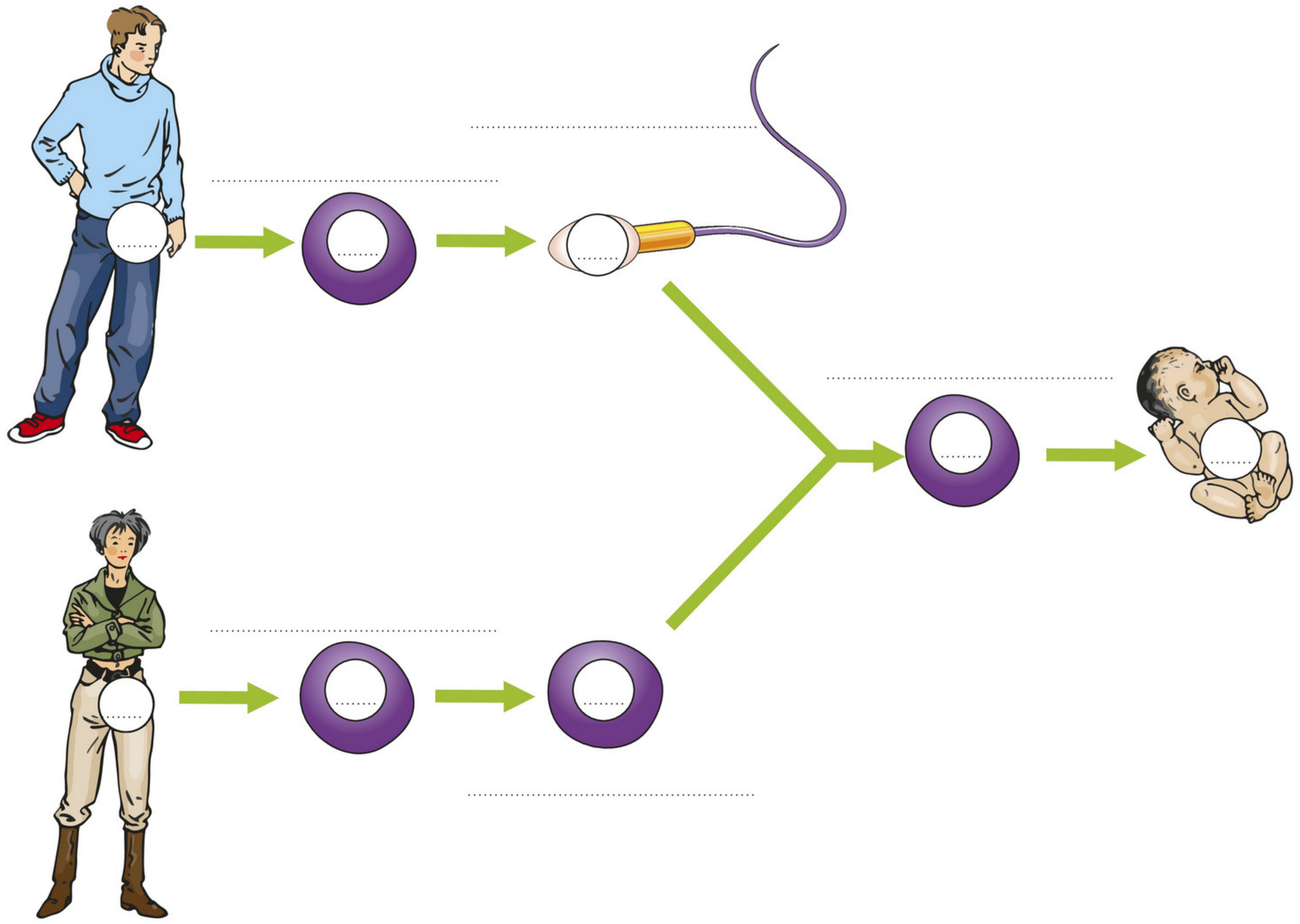
4 Hoeveel X- en Y-chromosomen komen voor in de volgende cellen?

cel uit de alvleesklier van een man	*0 / 1 / 2* X en *0 / 1 / 2* Y
eicel	*0 / 1 / 2* X en *0 / 1 / 2* Y
huidcel van een man	*0 / 1 / 2* X en *0 / 1 / 2* Y
spiercel van een vrouw	*0 / 1 / 2* X en *0 / 1 / 2* Y

5 In afbeelding 10 is schematisch getekend hoe de vorming van geslachtscellen en de bevruchting bij de mens verlopen.

a Noteer bij elke cel wat voor cel het is. Gebruik daarbij: *bevruchte eicel – eicel – lichaamscel* (2×) *– zaadcel*.
b Vul in elke cel het juiste aantal chromosomen in.
c Heeft het kind hetzelfde genotype als de ouders? Leg je antwoord uit.
d In welke cel ligt vast of het kind een jongen of een meisje is? Leg je antwoord uit.
e Als het kind een jongen is, zat in de zaadcel een *X-chromosoom / Y-chromosoom*.

Afb. 10



6 Samenvatting

Vul de tabel in en leg uit hoe bij geslachtelijke voortplanting variatie in genotypen ontstaat.

	Lichaamscel man	Lichaamscel vrouw	Geslachtscel man	Geslachtscel vrouw
Aantal chromosomen				
Enkelvoudig of paren				
Maximaal aantal varianten van een gen				
Geslachtschromosomen				

INZICHT

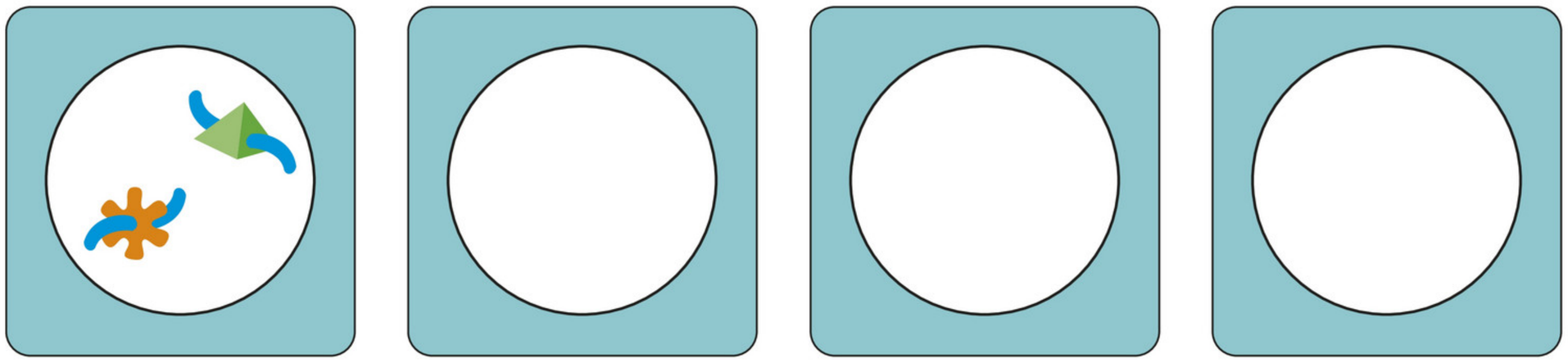
7 Tulpen zijn te koop in allerlei varianten (zie afbeelding 11). Zo kunnen de kleur van de bloemen en de vorm van de kroonbladeren variëren. Je kunt nieuwe tulpen laten groeien uit bollen, maar ook uit zaden.
Maken kwekers nieuwe tulpvarianten met behulp van tulpenbollen of met behulp van zaden? Leg je antwoord uit.

Afb. 11 Tulpen zijn er in allerlei varianten.

8 Een kweker kan nieuwe planten kweken met behulp van geslachtelijke voortplanting.
In afbeelding 12 zie je een schematische tekening van vier cellen van een plant. Cel 1 is een eicel met twee verschillende chromosomen.

- Teken in cel 2 de chromosomen en genen in een stuifmeelkorrel van de plant.
- Teken in cel 3 de chromosomen en genen in een bevruchte eicel van de plant.
- Teken in cel 4 de chromosomen en genen in een cel uit een blad van de plant.

Afb. 12



1 eicel 2 stuifmeelkorrel 3 bevruchte eicel 4 bladcel

9 Bij weefselkweek snijdt een kweker de knoppen van een plant. De kweker laat elke knop uitgroeien tot een nieuwe plant (zie afbeelding 13).

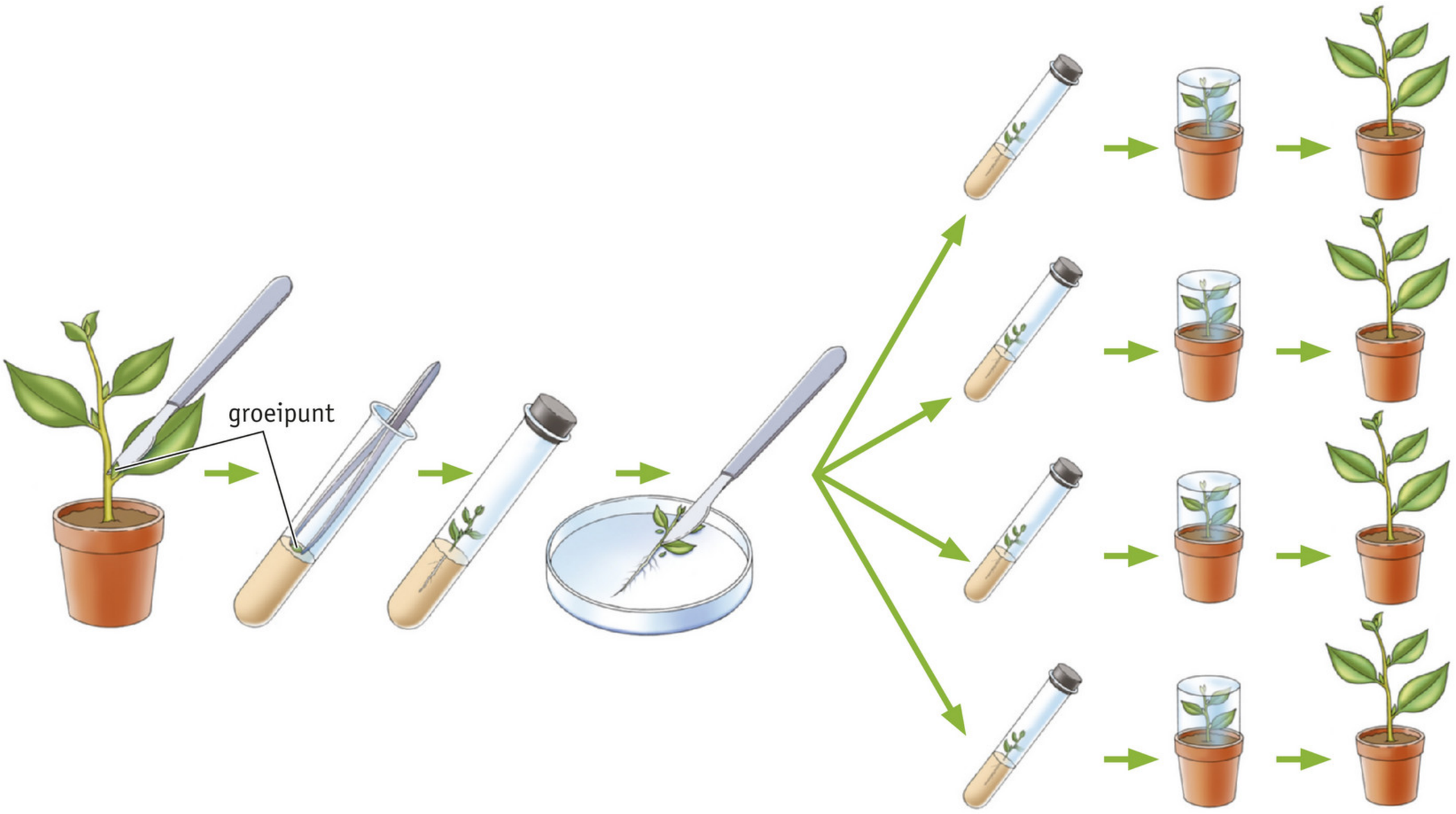
a Eigenlijk is het niet nodig om een volledige knop te gebruiken, want ook één cel uit een knop zou kunnen uitgroeien tot een nieuwe plant.
Leg uit dat één cel kan uitgroeien tot een complete plant.

b Een kweker gebruikt een plant voor weefselkweek. Op deze manier groeien er tien nieuwe planten. Zodra de plantjes groot genoeg zijn, worden ze op verschillende plaatsen in de tuin gezet.
Welke bewering over het genotype en het fenotype van deze plantjes is juist?

- ○ A Alle planten hebben hetzelfde genotype en hetzelfde fenotype.
- ○ B De planten hebben alleen hetzelfde fenotype.
- ○ C De planten hebben alleen hetzelfde genotype.
- ○ D De planten hebben verschillende genotypen en fenotypen.

c Een kweker zet planten die zijn gekweekt via weefselkweek op verschillende plaatsen in een tuin. Na enige tijd valt het op dat de planten er niet allemaal hetzelfde uitzien.
Leg uit waardoor er verschillen tussen de planten ontstaan.

Afb. 13 Weefselkweek.



+ 10 Jordy en Mariska krijgen samen een zoon. De ouders van Jordy en Mariska zijn de grootouders.
Van welke grootouder heeft de baby zeker geen geslachtschromosoom geërfd? Leg je antwoord uit.

SAMENHANG leefwereld

ROKEN EN HET Y-CHROMOSOOM

Stoppen met roken is goed voor de gezondheid van mannen en vrouwen. Maar mannen hebben een extra reden om te stoppen. Door roken kan het Y-chromosoom worden beschadigd of verloren gaan. Dit gebeurt niet in het hele lichaam, maar alleen in het bloed. Het Y-chromosoom biedt bescherming tegen de groei van kanker in organen buiten het ademhalingsstelsel.

Wetenschappers hebben in 2014 al aangetoond dat er een verband is tussen het verdwijnen van het Y-chromosoom uit het bloed en een grotere kans op kanker. Onderzoeker Jan Dumanski van de Universiteit van Uppsala heeft met een team van wetenschappers onderzocht waardoor Y-chromosomen verloren kunnen gaan. Er zijn allerlei factoren getest, zoals leeftijd, bloeddruk, diabetes, alcoholgebruik en roken. Aan het onderzoek deden 6014 mannen mee. Uit de resultaten bleek dat bij rokers het Y-chromosoom vaker uit het bloed verdwijnt dan bij niet-rokers. Bij zware rokers komt het verlies van Y-chromosomen vaker voor dan bij mensen die weinig roken.

Volgens Dumanski zijn er genen op het Y-chromosoom ontdekt die mogelijk de groei van tumoren onderdrukken.

Bij mannen die gestopt zijn met roken is de hoeveelheid Y-chromosomen in het bloed weer hetzelfde als bij niet-rokers. Als je stopt met roken, heb je dus geen last meer van een verhoogde hoeveelheid cellen zonder Y-chromosoom. Dat is goed nieuws; stoppen met roken helpt.

Afb. 14

11 Lees de tekst ‘Roken en het Y-chromosoom’.

Stoffen uit sigarettenrook kunnen het Y-chromosoom in bloedcellen beschadigen.

a Leg uit hoe de stoffen uit sigarettenrook in het bloed komen.

b Hebben mannen die veel roken een grotere kans om dochters te krijgen dan mannen die niet roken? Leg je antwoord uit.

c Sommige vormen van kanker zijn erfelijk.
Leg uit dat vormen van kanker die vaak voorkomen door het verlies van het Y-chromosoom niet erfelijk zijn.

d Leg uit dat roken voor mannen gevaarlijker is dan voor vrouwen.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

3 Genen en allelen

LEERDOELEN

5.3.6 Je kunt omschrijven wat genen en allelen zijn.
5.3.7 Je kunt omschrijven wat een mutatie is.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	5.3.6	5.3.7	5.1.1*	5.1.2*	5.2.5*
Onthouden	1a	2			
Begrijpen	1bcd, 4, 5	3, 5			
Toepassen	9	7b, 8	10c	10ab	10d
Analyseren	6	7a			

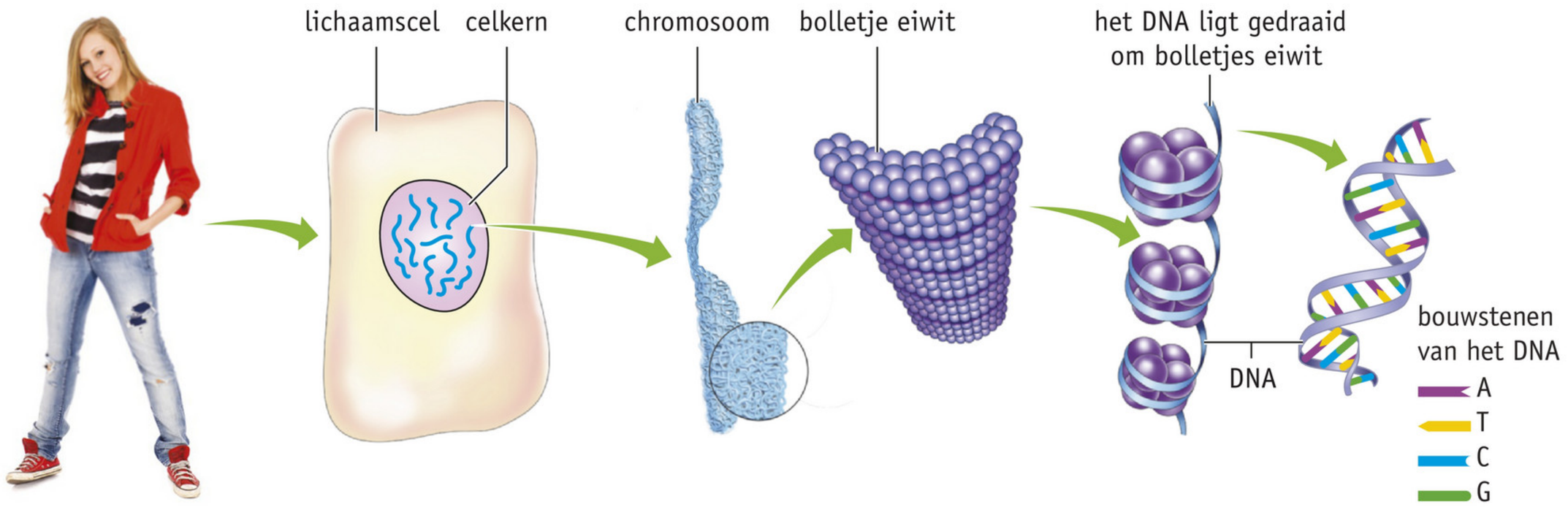
* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.

Elke lichaamscel bevat bijna twee meter DNA. Het DNA in één cel is opgebouwd uit ongeveer drie miljard basen: de bouwstenen van het DNA.

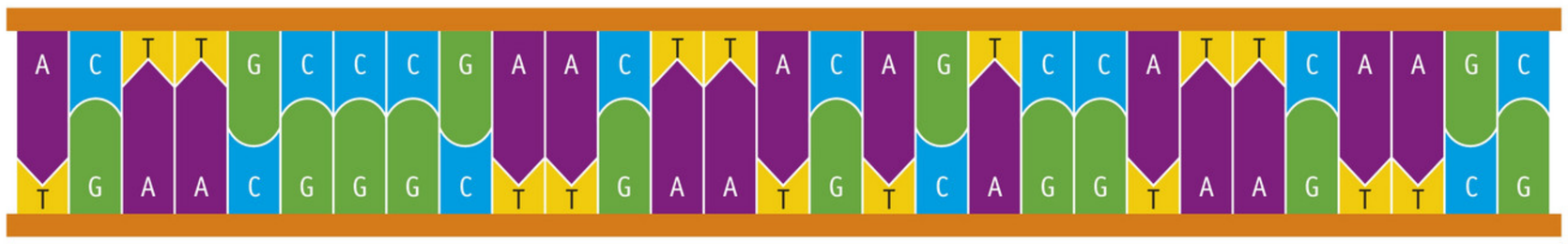
DNA

Chromosomen bestaan voor een groot deel uit de stof DNA. DNA is opgebouwd uit de **basen** A, T, C en G. Altijd vormen A en T een paar en C en G. Eén paar (dus A–T of C–G) noem je een **basenpaar**. Doordat de basenparen van het DNA in een bepaalde volgorde liggen, ontstaat een code met informatie.
Je kunt dit vergelijken met een woord dat bestaat uit letters. Vier letters zijn bijvoorbeeld O, R, S en T. Met deze letters kun je verschillende woorden maken, die verschillende betekenissen hebben: trots, troost, stoort, stort, rots, rot, enzovoort. Door woorden achter elkaar te zetten, kun je zinnen maken die nog veel meer verschillende betekenissen kunnen hebben.

Afb. 1 Van organisme tot base.



Afb. 2 Een stukje DNA met basenparen.



GEN

Je DNA bevat informatie voor hoe je eruitziet, bijvoorbeeld of je een kuiltje in je kin hebt en welke vorm je grote teen heeft. Je DNA bevat ook informatie voor het functioneren van je organen en cellen. In je DNA ligt bijvoorbeeld vast of de zintuigcellen in je netvlies verschil kunnen waarnemen tussen de kleuren rood en groen, dus of je kleurenblind bent of niet.

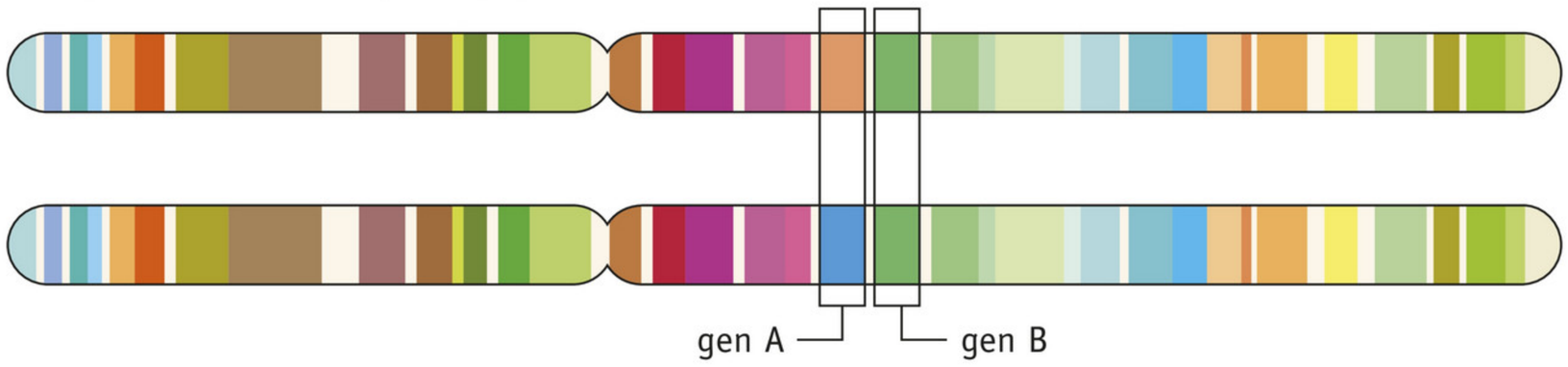
Voor elke eigenschap en elk proces zijn duizenden basenparen nodig. De basenparen die samen nodig zijn voor een eigenschap, vormen een gen. De basenparen van een gen kunnen naast elkaar liggen, maar meestal zijn ze verdeeld over een of meer chromosomen. Voor alle eigenschappen zijn meerdere genen nodig en basenparen kunnen deel uitmaken van verschillende genen.

De kleur, vorm en werking van je lichaam worden vooral geregeld door **eiwitten**. Genen bevatten de informatie voor het maken van die eiwitten. In een spiercel bijvoorbeeld is een gen actief dat de informatie bevat voor het maken van een spiereiwit. In cellen van de alvleesklier is een gen actief dat de informatie bevat voor het maken van het hormoon insuline (een eiwit). Ook de kleurstof in je ogen (melanine) komt tot stand door eiwitten.

GENVARIANT OF ALLEL

In afbeelding 3 zie je een schematische tekening van chromosomenpaar 15. Op dit chromosoom liggen twee genen die nodig zijn voor de oogkleur: gen A en gen B.

Afb. 3 Chromosomenpaar 15: genen voor oogkleur.

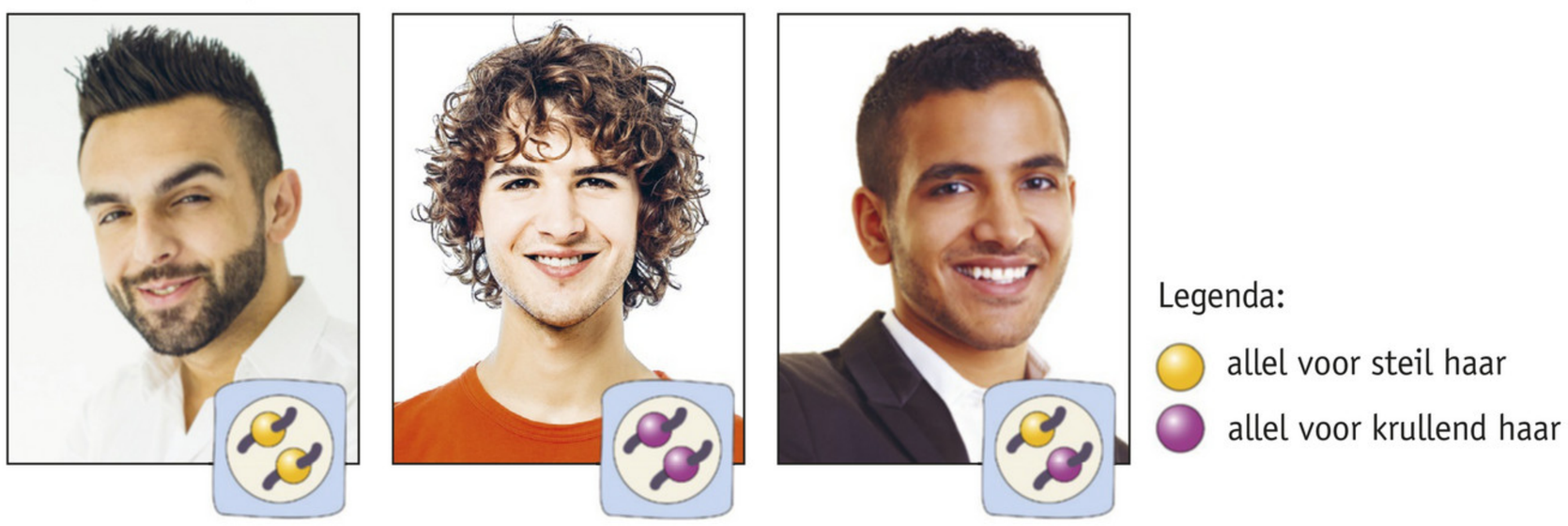


Gen A en gen B bestaan elk uit duizenden basenparen. Bij gen B zijn al die basenparen exact gelijk op beide chromosomen. Ligt er op chromosoom 1 een basenpaar A–T, dan ligt op chromosoom 2 dus op precies dezelfde plek ook een basenpaar A–T. Daarom is gen B op beide chromosomen groen gekleurd (de informatie in het gen is op beide chromosomen gelijk).
Bij gen A zijn er kleine verschillen in basenparen. Op het ene chromosoom ligt een basenpaar G–C. Deze informatie geeft meestal blauwe ogen. Op het andere chromosoom ligt op dezelfde plaats het basenpaar A–T. Deze informatie geeft meestal bruine ogen. Gen A is daarom verschillend gekleurd op de twee chromosomen.

De informatie in een gen noem je een **genvariant** of **allel**. In afbeelding 3 bestaat gen A uit twee verschillende allelen en gen B uit twee dezelfde allelen. De twee allelen van een gen noem je een **allelenpaar**.

In afbeelding 4 zie je allelenparen voor de haarvorm. Heeft iemand twee gelijke allelen voor de haarvorm, dan noem je die persoon **homozygoot** voor de eigenschap haarvorm (*homo* = gelijk). De jongen in afbeelding 4.1 is homozygoot voor steil haar, de jongen in afbeelding 4.2 is homozygoot voor krullend haar. Zijn de twee allelen voor een eigenschap ongelijk, dan is iemand **heterozygoot** voor die eigenschap. De jongen in afbeelding 4.3 is heterozygoot voor de haarvorm (*hetero* = ongelijk).
Welke eigenschap een heterozygoot persoon precies krijgt, hangt af van welk allel het sterkst is. Het allel voor bruine ogen is bijvoorbeeld sterker dan dat voor blauwe ogen.

Afb. 4 Allelenpaar voor de haarvorm.

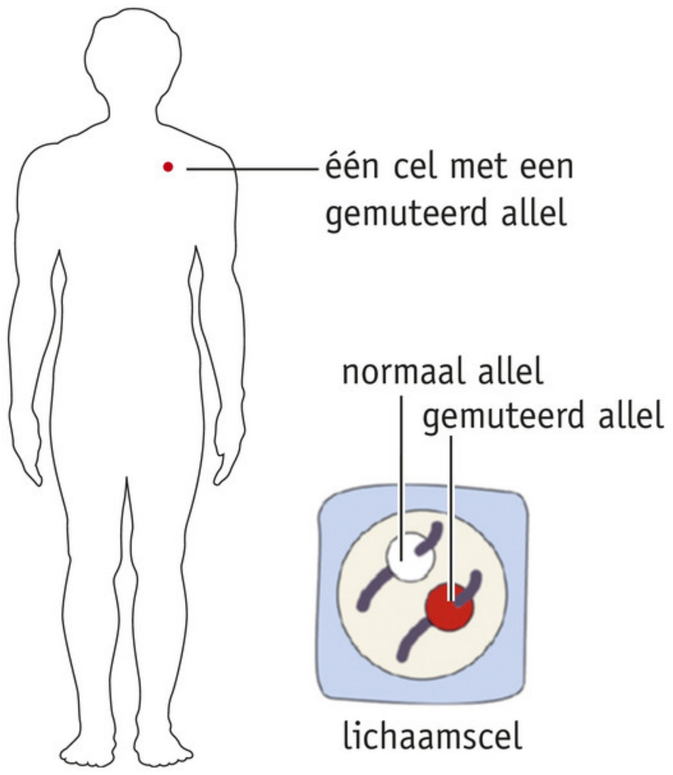


1 twee allelen voor steil haar
2 twee allelen voor krullend haar
3 een allel voor steil haar en een allel voor krullend haar

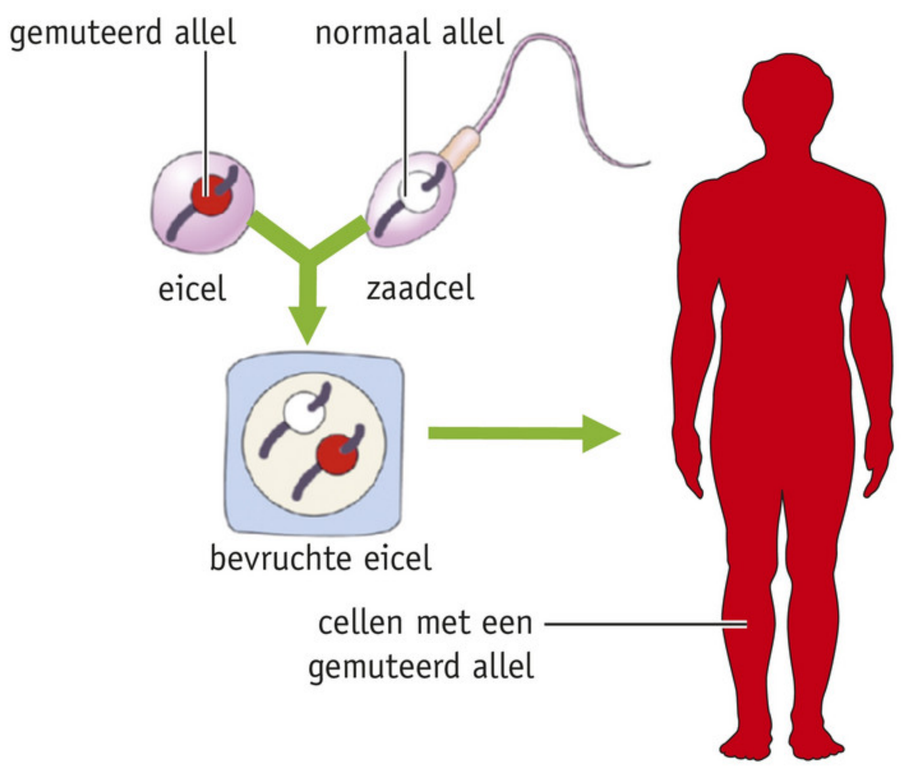
MUTATIE

Een chromosoom kan beschadigd raken, waardoor de informatie voor een of meer erfelijke eigenschappen kan veranderen. Zo'n plotselinge verandering van het genotype heet een **mutatie** (verandering). Bij een mutatie zijn een of meer allelen **gemuteerd** (veranderd).
Mutaties kunnen in elke cel plaatsvinden. Meestal heeft een mutatie geen gevolgen. Als in een cel van je lichaam een mutatie optreedt, blijven de andere cellen van je lichaam onveranderd. Je merkt dan niet eens dat je een cel met een gemuteerd allel bezit (zie afbeelding 5.1). Maar als een gemuteerd allel voorkomt in een geslachtscel, kan de mutatie wel een grote uitwerking hebben. Wanneer deze geslachtscel versmelt met een andere geslachtscel, komt het gemuteerde allel terecht in de bevruchte eicel. De nakomeling die zich hieruit ontwikkelt, heeft in elke lichaamscel het gemuteerde allel (zie afbeelding 5.2). Of dit gevolgen heeft voor het fenotype, hangt af van hoe sterk het allel is.

Afb. 5 De invloed van een mutatie.



1 mutatie in een lichaamscel

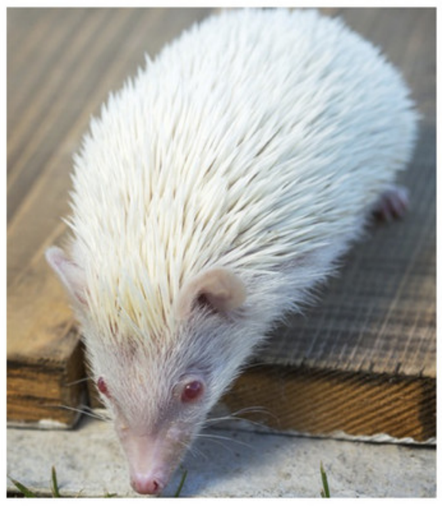


2 mutatie in een geslachtscel

ALBINISME

Een organisme waarbij een mutatie zichtbaar is in het fenotype, noem je een **mutant**. Een voorbeeld van een mutant is een **albino**. Bij een albino is het lichaam niet in staat melanine (pigment) te vormen: de kleurstof voor haren, ogen en huid. Daardoor lijken de ogen rood en is het organisme erg bleek (zie afbeelding 6.1). Mutaties in genen voor het maken van melanine zijn goed waarneembaar in het fenotype (zie afbeelding 6.2 en 6.3). De meeste mutaties zijn dat niet.

Afb. 6 Albinisme en pigmentmutatie.



1 albino-egel

2 pigmentmutatie bij een mens

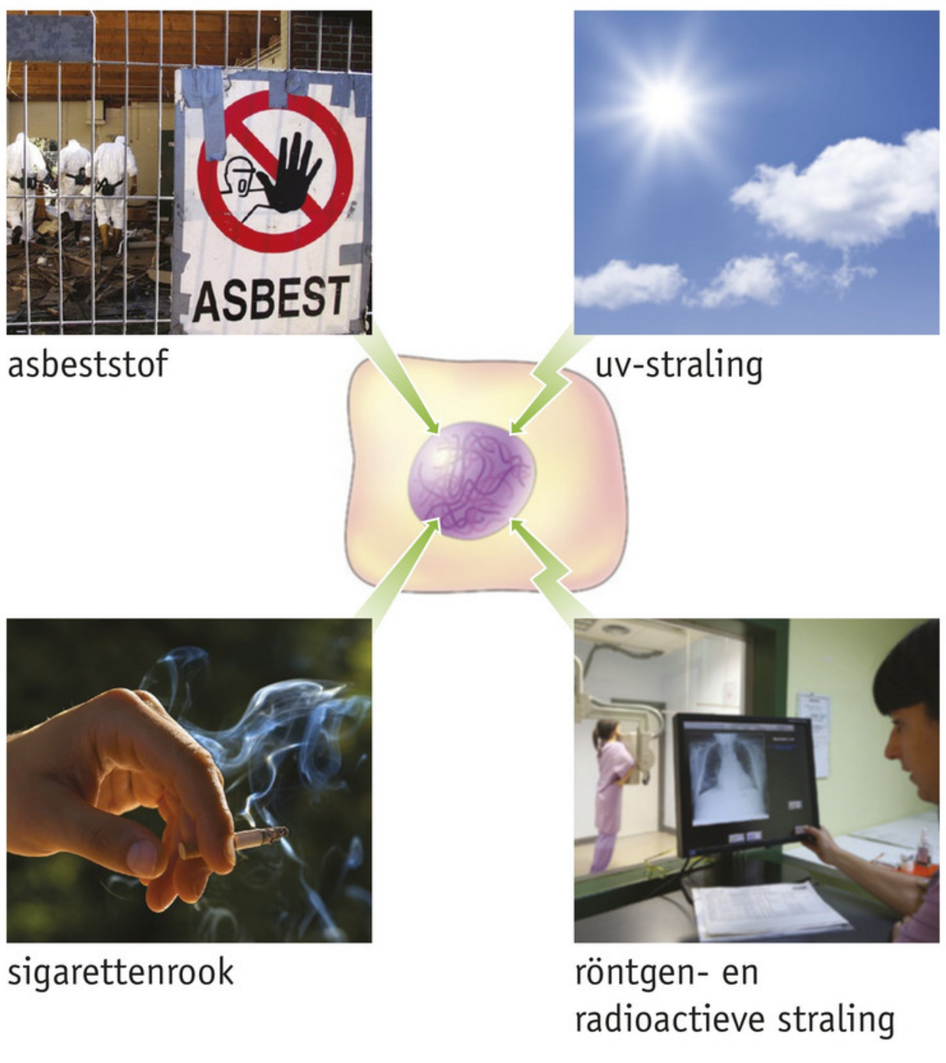
3 albinopinguïn

MUTAGENE INVLOEDEN

Het DNA kan beschadigd raken (muteren) onder invloed van straling (bijvoorbeeld radioactieve straling, uv-straling en röntgenstraling) en chemische stoffen (bijvoorbeeld asbest of stoffen in sigarettenrook). Dit worden **mutagene invloeden** genoemd (zie afbeelding 7).

In Japan zijn in 1945 twee atoombommen ontploft. Daarbij kwam enorm veel radioactieve straling vrij. Zelfs nu nog worden in Japan veel meer kinderen met lichamelijke en geestelijke afwijkingen geboren dan in andere landen. Bij Japanners die hebben blootgestaan aan de radioactieve straling en hun nakomelingen komen in de geslachtscellen meer gemuteerde allelen voor dan gemiddeld.

Afb. 7 Mutagene invloeden.



asbeststof

uv-straling

sigarettenrook

röntgen- en radioactieve straling

KENNIS

1 Je ziet hier een stukje DNA. Van elk basenpaar is één base ingevuld.

a Vul de ontbrekende basen in.

T	A	C	A	C	C	G	G	G	T	T	A	T	A	T	C	G	G	G	A	A	C	A	T	T

b Kan dit stukje DNA alle informatie voor één eigenschap bevatten? Leg je antwoord uit.

c Is dit stukje DNA afkomstig van een chromosoom of van een chromosomenpaar?

d De exacte basenvolgorde van dit stukje DNA komt één keer voor op de chromosomen in een eicel van een vrouw.

- Kan deze volgorde twee keer voorkomen in een bevruchte eicel? *ja / nee*
- Kan deze volgorde twee keer voorkomen in een witte bloedcel? *ja / nee*
- Kan deze volgorde voorkomen in een zaadcel? *ja / nee*
- Kan deze volgorde twee keer voorkomen in een zaadcel? *ja / nee*

2 **a** Hoe heet een plotselinge verandering van het genotype? .....

b Noteer vier invloeden uit de omgeving die een plotselinge verandering in het genotype kunnen veroorzaken.

3 In afbeelding 8 zie je een witte tijger. Het dier heeft een witte vacht met zwarte strepen en blauwe ogen (dat is op de foto niet goed te zien).
Is de witte tijger een albino? Leg je antwoord uit.

Afb. 8 Een witte tijger.

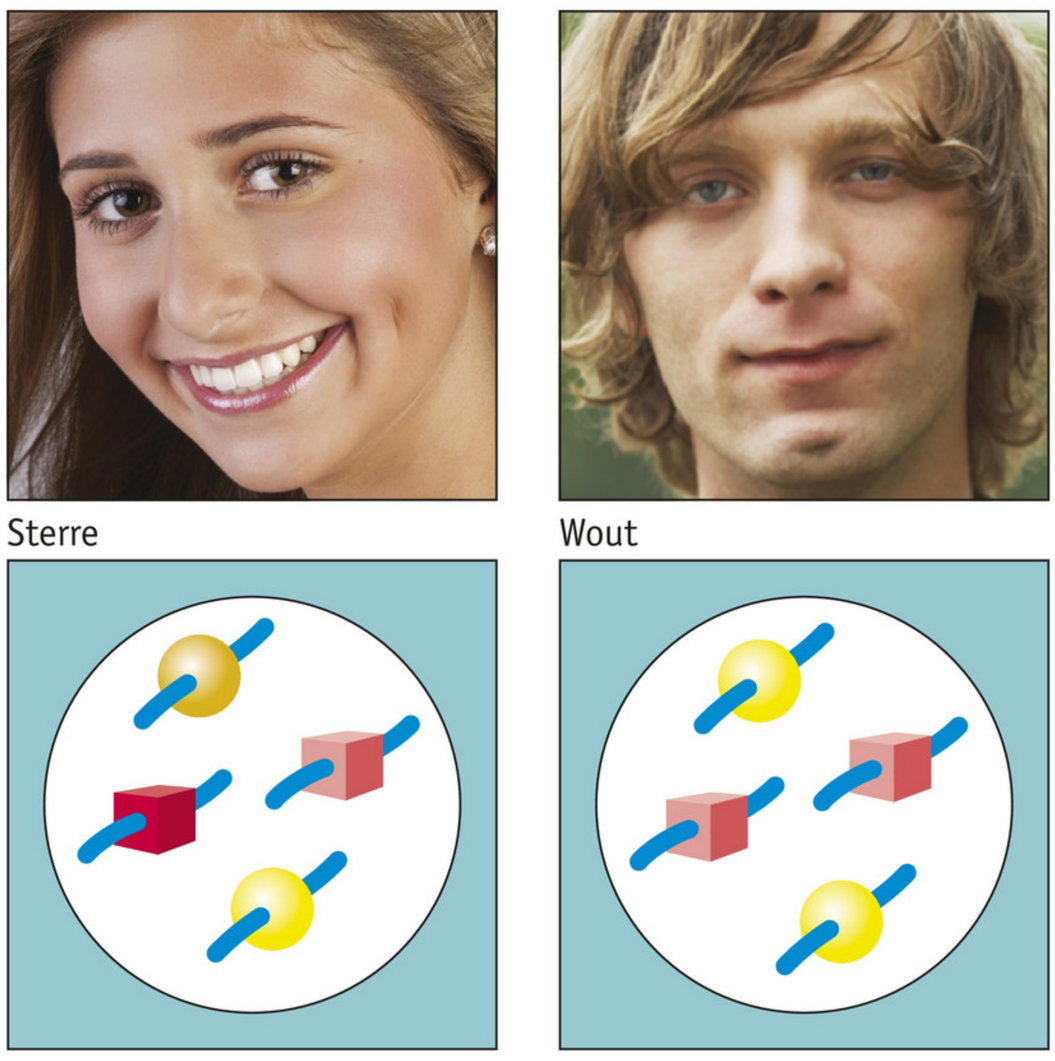
4 De manier van lachen en de vorm van de kin zijn erfelijk bepaald. Sommige mensen krijgen een kuiltje in de wangen bij het lachen. De vorm van de kin kan ook verschillen: een kuiltje in de kin of niet.
In afbeelding 9 zijn de fenotypen en genotypen van Sterre en Wout voor deze eigenschappen weergegeven.

a Welke beweringen over het genotype van Sterre zijn juist?
- ☐ A Sterre is heterozygoot voor de manier van lachen.
- ☐ B Sterre is homozygoot voor de manier van lachen.
- ☐ C Sterre is heterozygoot voor de vorm van de kin.
- ☐ D Sterre is homozygoot voor de vorm van de kin.

b Welke beweringen over het genotype van Wout zijn juist?
- ☐ A Wout is heterozygoot voor de manier van lachen.
- ☐ B Wout is homozygoot voor de manier van lachen.
- ☐ C Wout is heterozygoot voor de vorm van de kin.
- ☐ D Wout is homozygoot voor de vorm van de kin.

c Het allel voor kuiltje in de kin is *sterker* / *zwakker* dan het allel voor geen kuiltje in de kin.
Het allel voor kuiltje in de wang bij het lachen is *sterker* / *zwakker* dan het allel voor geen kuiltje in de wang bij het lachen.

Afb. 9 Genotypen en fenotypen van Sterre en Wout.



5

Samenvatting

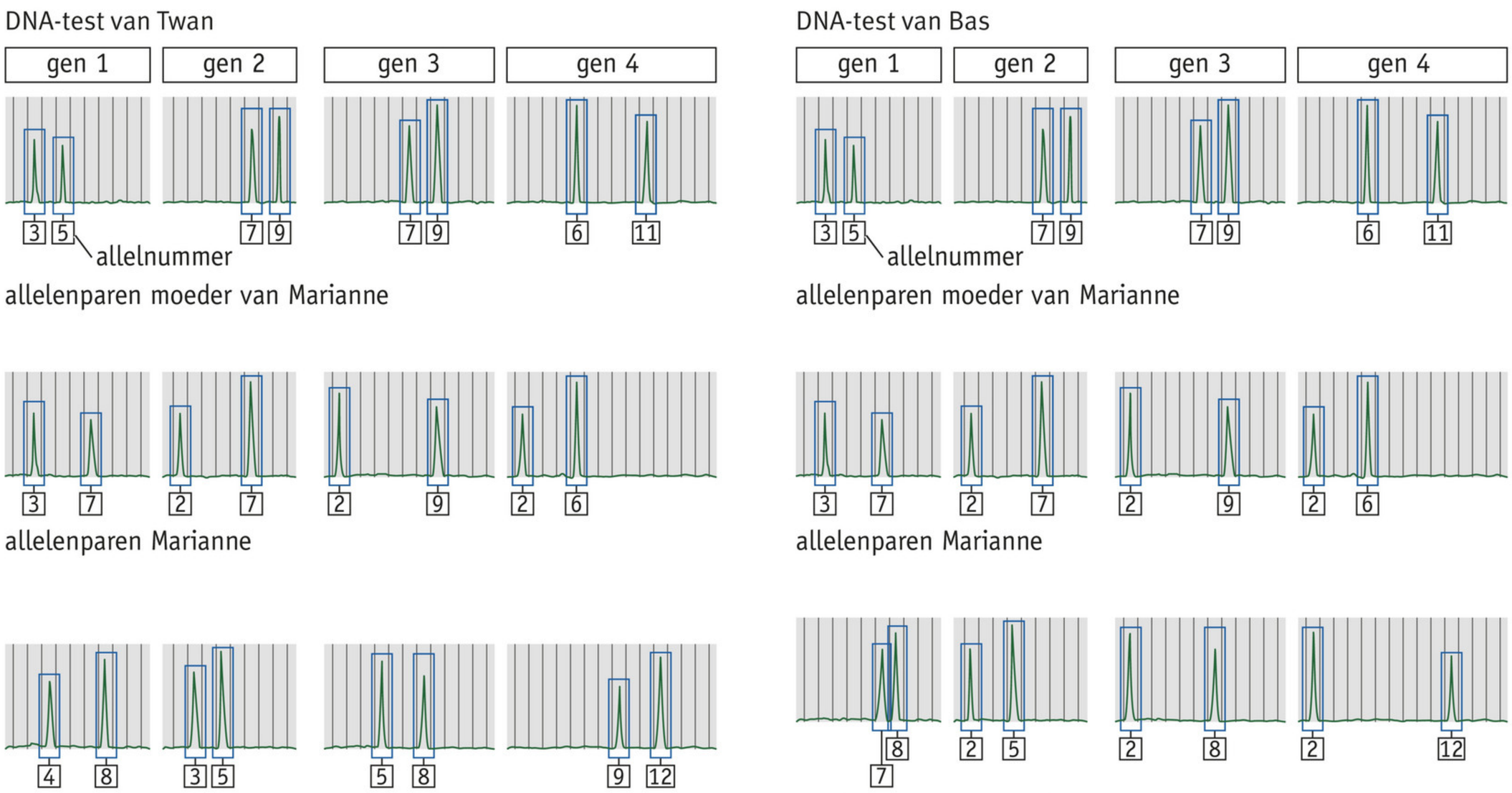
Leg in je eigen woorden de volgende begrippen uit: allel, gen, heterozygoot, homozygoot, mutagene invloed en mutatie.

INZICHT

6

Voor ieder mens geldt dat de helft van de allelen afkomstig is van de vader en de helft van de moeder. Hierdoor kan met een DNA-verwantschapstest worden bepaald of een man de vader is van een kind.
Marianne wil laten onderzoeken wie haar biologische vader is: Twan of Bas. In afbeelding 10 zie je het resultaat van het onderzoek bij vier genen.
Leg uit wie de biologische vader van Marianne is.

Afb. 10 DNA-test van Twan (links) en Bas (rechts).



7 In afbeelding 11 zie je twee keer een stukje DNA: links staat de volgorde uit een allel van de moedercel, rechts staat hetzelfde stukje DNA uit de dochtercel.

a Heeft bij de celdeling een mutatie plaatsgevonden? Leg je antwoord uit.

b Kan een mutatie de oorzaak zijn van een erfelijke aandoening? Leg je antwoord uit.

Afb. 11

Cel 1: moedercel

C	**C**	**A**	**G**	**T**	**G**
G	G	T	C	A	C

Cel 2: dochtercel

C	**C**	**A**	**C**	**T**	**G**
G	G	T	G	A	C

8 Albinisme kan voorkomen bij mensen, dieren en planten. Bij planten is het heel zeldzaam. Planten met albinisme hebben witte bladeren.

a Welke kleurstof ontbreekt bij planten met albinisme?

b Leg uit waarom een plant met albinisme niet kan overleven.

+ 9 Joost heeft een geraniumplant met bonte bladeren. De plant is heterozygoot voor de bladkleur. Het allel voor bonte bladeren is sterker dan het allel voor groene bladeren. Joost wil meer geraniumplanten kweken. Hij wil alleen planten met bonte bladeren. Wanneer is de kans het grootst dat de nieuwe planten bonte bladeren hebben: bij het stekken van de plant, bij zelfbestuiving of bij kruisbestuiving met een plant met bonte bladeren? Leg je antwoord uit.

Afb. 12 Een bonte geranium.

SAMENHANG leefwereld

KLONEN

Voor veel mensen is een hond het favoriete huisdier. Het liefst houden ze de hond hun hele leven bij zich. Maar helaas, na tien tot vijftien jaar overlijdt de hond meestal. Je kunt dan een andere hond nemen, maar die heeft vaak een ander karakter. Zelfs als de hond van hetzelfde ras is, zal de hond verschillen van het overleden lievelingsdier.

In 2016 heeft omroep BNN een hond laten klonen. De eigenaren van buldog Joep wilden graag een exacte kopie van hun hond hebben. Het klonen van de hond gebeurde in Zuid-Korea en kostte ongeveer € 50.000,–.

Bij het klonen werd een celkern uit een lichaamscel van Joep overgeplaatst in een eicel van een andere hond. Uit deze eicel was de celkern verwijderd. Daarna werd de eicel met de nieuwe celkern ingebracht in de baarmoeder van de draagmoeder.

De hond die op deze manier ter wereld kwam, is niet de enige gekloonde hond. Het Zuid-Koreaanse bedrijf Sooam Biotech heeft al honderden honden gekloond. Meer dan tweehonderd van deze honden werken als politiehond voor de Zuid-Koreaanse politie. In Nederland is het klonen van huisdieren verboden. Als je op zoek bent naar een nieuw huisdier, moet je dat op een andere manier doen. Bijvoorbeeld door een bezoek te brengen aan het asiel. Daar wachten nog heel veel huisdieren op een nieuw baasje.

Afb. 13 Klonen van een hond.

hond 1: Afghaanse windhond mannetje

donorcel uit het oor van het mannetje

uit de donorcel wordt de celkern gehaald

de donorcelkern wordt in de 'lege' eicel gebracht

met een stroomstootje wordt de eicel aangezet tot delen

onbevruchte eicel

uit de eicel wordt de celkern verwijderd

?

hond 2: onbekende hond (vrouwtje)

het klompje cellen wordt in de baarmoeder van een draagmoeder gebracht

hond 3: draagmoeder, in de baarmoeder van deze hond moet het klompje cellen gaan uitgroeien tot een kloon

uit de draagmoeder (hond 3) wordt hond 4 geboren die de naam 'Snuppy' krijgt.

10 Lees de tekst 'Klonen'.

Om Joep te klonen, werd een lichaamscel van hem gebruikt.

a Kan er bij het klonen ook een geslachtscel van Joep worden gebruikt? Leg je antwoord uit.

b Kan de pup eigenschappen hebben geërfd van de hond die de eicel levert? Leg je antwoord uit.

c Is het zeker dat de pup precies dezelfde eigenschappen heeft als Joep? Leg je antwoord uit.

d In Zuid-Korea worden veel politiehonden gekloond.
Waarom zouden juist politiehonden worden gekloond?

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

4 Transcriptie

LEERDOELEN

5.4.8 Je kunt benoemen hoe transcriptie en eiwitsynthese plaatsvinden in de cel.
5.4.9 Je kunt benoemen dat de genetische variatie toeneemt door spontane mutaties.
5.4.10 Je kunt omschrijven wat kanker is.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	5.4.8	5.4.9	5.4.10	5.3.7*
Onthouden	1	3	4	
Begrijpen	2, 5	5	5	
Toepassen	7a, 8, 9, 12abc	11	10bc, 11	10a, 11
Analyseren	7b, 12de	6	10d	

* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.

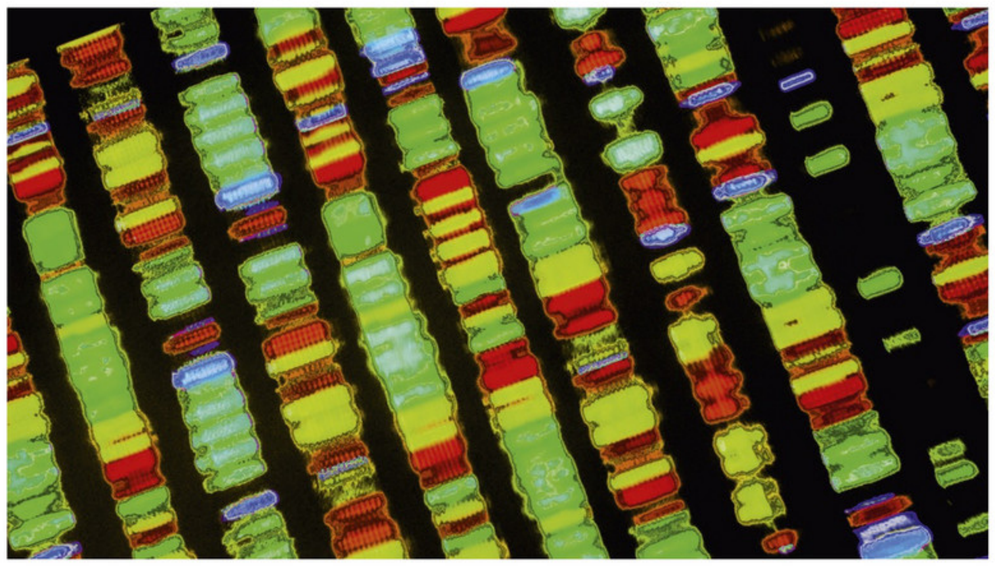
Je DNA bevat informatie voor hoe je eruitziet en voor het functioneren van je organen en cellen. Voor elke eigenschap en elk proces zijn een of meer genen nodig.

DNA-SEQUENTIE

De volgorde van de basen in het DNA heet de **DNA-sequentie** (sequentie betekent volgorde; zie afbeelding 1). De genen in een cel kunnen worden aan- en uitgezet. De genexpressie verschilt per cel en hangt samen met de functie van de cel. Wanneer een gen aan staat (actief is, tot uiting komt), wordt de informatie van het DNA van dat gen in de cel afgelezen en verwerkt. De DNA-sequentie van een gen bevat de informatie voor het maken van een specifiek eiwit. Eiwitten regelen voor een groot deel de kleur, vorm en werking van je lichaam. Genen bevatten informatie voor zowel het maken van eiwitten als voor het regelen van processen in de cel.

Een gen bevat bijvoorbeeld de code voor het maken van melanine (een pigment). Wanneer dit gen in een cel van de iris aan staat, wordt de code voor het maken van melanine afgelezen en wordt melanine gemaakt. Bruine ogen hebben veel melanine, blauwe ogen weinig en groene ogen zitten daartussenin. De hoeveelheid melanine is een deel van het fenotype.

Afb. 1 DNA-sequentie: vier kleuren voor vier basen.



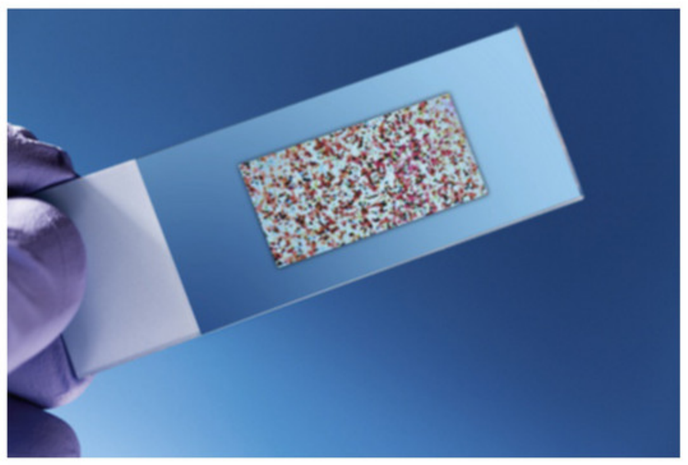
EIWITSYNTHESE

De DNA-sequentie is een ‘recept’ waarmee een cel een eiwit kan maken. Bij genexpressie wordt de DNA-sequentie afgelezen en gekopieerd. Het gekopieerde stukje DNA heet **RNA**. De vorming van RNA heet **transcriptie**.
Het RNA brengt de informatie voor het eiwit naar een ander deel van de cel (een ribosoom). Daar wordt de code vertaald en wordt het juiste eiwit gemaakt. Het maken van een eiwit in een cel heet **eiwitsynthese** (synthese betekent samenstellen).

Je lichaam kan eiwitten gebruiken als brandstof, maar hun functie als bouwstof is veel belangrijker. Eiwitten kunnen bijvoorbeeld functioneren als hormoon, enzym of antistof. Door eiwitsynthese zorgen je cellen ervoor dat je voldoende van deze eiwitten hebt. Het aan- en uitzetten van genen maakt het voor cellen mogelijk om verschillende eiwitten te maken op het moment dat de cel ze nodig heeft.

In afbeelding 2 zie je een DNA-microarray of DNA-chip. Dit is een techniek om genexpressie te meten. Elke stip staat voor een gen. Aan de kleur is te zien of het gen aan of uit staat en of het hard of zacht staat.

Afb. 2 DNA-microarray of DNA-chip.

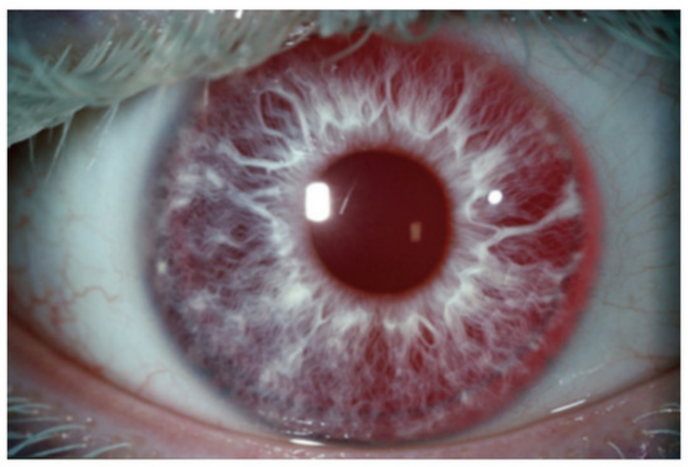


SPONTANE MUTATIE

Een organisme ontstaat door celdeling uit een bevruchte eicel. Bij elke celdeling worden de chromosomen met het DNA gekopieerd. Tijdens het kopiëren van DNA ontstaan regelmatig fouten, waardoor een verandering in de basenvolgorde ontstaat. Als dit in een geslachtscel gebeurt, kan de mutatie bij de bevruchting worden doorgegeven aan de nakomeling. Als dit in een vroeg stadium van de ontwikkeling van een embryo gebeurt, komt de mutatie ook in alle lichaamscellen terecht. Ook de helft van de geslachtscellen van de nakomeling bevat dan deze **spontane (erfelijke) mutatie**.

Chromosomen komen in lichaamscellen in paren voor. Als op één chromosoom een allel gemuteerd is, kan het allel op het andere chromosoom de functie overnemen. Als er bijvoorbeeld één oogkleur-gen kapot is door een mutatie, is er nog niets aan de hand. Maar als beide genen op beide chromosomen kapot zijn, heeft het organisme albinisme (zie afbeelding 3). De cellen kunnen dan geen melanine maken, omdat ze hiervoor niet het juiste ‘recept’ (DNA-sequentie) hebben.

Afb. 3 Het oog van iemand met albinisme.



Veel mutaties hebben afwijkingen tot gevolg, maar door spontane mutaties neemt ook de genetische variatie binnen een soort toe. Door geslachtelijke voortplanting en spontane mutaties ontstaan kleine verschillen in genotypen (en dus fenotypen) van organismen van een soort (zie afbeelding 4).

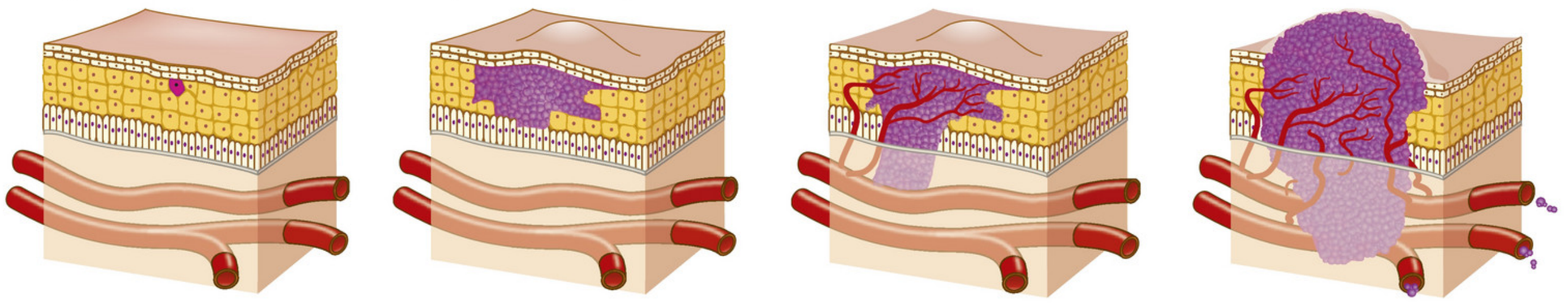
Afb. 4 Variatie in genotype en fenotype.

KANKER

Het effect van mutaties in lichaamscellen is vaak klein en deze mutaties zijn bovendien niet erfelijk. Mutaties in lichaamscellen kunnen echter wel leiden tot kanker.
De snelheid waarmee celdelingen in het lichaam plaatsvinden, wordt geregeld door het DNA. Maar soms gaan cellen zich ongeremd delen. Dat wordt veroorzaakt door mutaties in genen die betrokken zijn bij het regelen van de celdeling. Er ontstaat dan een gezwel of **tumor**. Sommige tumoren groeien langzaam en verstoren de bouw van de weefsels niet. Deze tumoren zijn goedaardig. Als ze te groot worden, kunnen ze operatief worden verwijderd. Andere tumoren zijn **kwaadaardig**. Een kwaadaardige tumor groeit snel en verstoort de bouw van de weefsels (zie afbeelding 5). Een kwaadaardige tumor wordt **kanker** genoemd.

Cellen van de tumor kunnen terechtkomen in het bloed of in de lymfe (zie afbeelding 5.4). Deze cellen worden meegevoerd en komen in andere lichaamsdelen terecht. Daar kunnen ze zich opnieuw ongeremd gaan delen, waardoor overal in het lichaam tumoren ontstaan. Dit heet **uitzaaiing** (metastase).

Afb. 5 Het ontstaan van kanker (schematisch).



1 In één cel zijn mutaties opgetreden, waardoor de cel een kankercel wordt.

2 De kankercel deelt zich ongeremd.

3 De tumor verstoort de bouw van de weefsels.

4 Uitzaaiing: cellen van de tumor komen in het bloed of in de lymfe terecht.

KENNIS

1 In ons lichaam worden allerlei afvalstoffen gemaakt, onder andere in het netvlies. Om deze afvalstoffen af te voeren, is een eiwit nodig. De erfelijke informatie die nodig is om dit eiwit te maken, ligt vast in een gen. Dit is het ABCA$_4$-gen.
De volgorde van de basen in dit gen noem je *DNA-sequentie* / *genexpressie*.

2 Het maken van eiwitten verloopt in stapjes.

a Zet de stapjes in de juiste volgorde.

..... DNA-sequentie aflezen

..... eiwitsynthese

..... transcriptie

b
- Het aflezen van de DNA-sequentie vindt plaats in de *celkern* / *ribosomen*.
- De eiwitsynthese vindt plaats in de *celkern* / *ribosomen*.
- De transcriptie vindt plaats in de *celkern* / *ribosomen*.

3 Mutaties kunnen tot afwijkingen leiden. Maar mutaties kunnen ook een voordeel hebben.
Noem een gunstig gevolg van mutaties.

4

- Een tumor die de bouw van weefsels verstoort, is *goedaardig* / *kwaadaardig*.
- Een tumor die langzaam groeit, is *goedaardig* / *kwaadaardig*.
- Een tumor die zich verspreidt door uitzaaiing, is *goedaardig* / *kwaadaardig*.

5

Samenvatting

Leg in je eigen woorden de volgende begrippen uit: DNA-sequentie, eiwitsynthese, kanker, spontane mutatie, transcriptie, uitzaaiing.

INZICHT

6

De ogen van een albino lijken rood.
Leg uit hoe dat komt.

7

Een allel begint altijd met de startcode TAC. Het einde van een allel wordt aangegeven met een eindcode, in dit geval ATT. Tussen twee allelen ligt meestal nog een serie DNA-bouwstenen.
Je ziet hier twee DNA-sequenties (P en Q) weergegeven. Alleen de bovenste rij letters (code) wordt van links naar rechts afgelezen om een eiwit te maken.

DNA-sequentie P

G	**C**	**C**	**C**	**T**	**T**	**C**	**G**	**C**	**A**	**T**	**T**	**C**	**G**	**T**	**T**	**T**	**C**	**C**	**T**	**A**	**C**	**A**	**A**	**G**	**G**	**C**	**G**	**T**
C	G	G	G	A	A	G	C	G	T	A	A	G	C	A	A	A	G	G	A	T	G	T	T	C	C	G	C	A

DNA-sequentie Q

T	**A**	**C**	**C**	**C**	**G**	**A**	**T**	**C**	**A**	**G**	**G**	**C**	**G**	**T**	**G**	**C**	**G**	**T**	**C**	**G**	**T**	**T**	**T**	**C**	**C**	**T**	**A**	**G**
A	T	G	G	G	C	T	A	G	T	C	C	G	C	A	C	G	C	A	G	C	A	A	A	G	G	A	T	C

a Bevat een van deze DNA-sequenties een compleet allel? Zo ja, welke? Leg je antwoord uit.

b Bevat een van deze DNA-sequenties stukken van twee allelen? Zo ja, welke? Leg je antwoord uit.

8 Je haarkleur is een eigenschap die kan veranderen. Veel mensen hebben tijdens hun kindertijd blond haar, maar als volwassene heeft hun haar een andere kleur. Sommige baby's met donker haar krijgen later lichter haar.
Leg uit waardoor de haarkleur kan veranderen.

9 Een kankergezwel kan worden verwijderd door middel van een operatie. Bij kanker met uitzaaiing is een operatie niet voldoende.
Leg uit waarom een operatie dan niet voldoende is.

10 **a** Welke mutagene invloed is de belangrijkste oorzaak van huidkanker?

- ○ A asbeststof
- ○ B röntgen- en radioactieve straling
- ○ C sigarettenrook
- ○ D uv-straling

b Melanine is de kleurstof voor huid, haren en ogen. Hoe meer melanine, hoe donkerder de huid.
Wie loopt meer kans om huidkanker te krijgen: iemand met een lichte huid of iemand met een donkere huid? Leg je antwoord uit.

c Net als de zon geven de lampen in een zonnebank uv-straling af. Sommige mensen willen voorkomen dat hun huid verbrandt tijdens de vakantie. Daarom gaan ze voor de vakantie naar de zonnebank.
Is het verstandig om naar de zonnebank te gaan om bruin te worden? Leg je antwoord uit.

d Jongeren onder de 18 jaar mogen niet onder de zonnebank.
Leg uit waarom niet.

+ 11 Leukemie is een vorm van kanker waarbij te veel witte bloedcellen ontstaan. Die witte bloedcellen kunnen hun normale functie niet goed uitvoeren. Leukemie kan worden veroorzaakt door straling die afkomstig is uit radioactieve stoffen.
In een gebied waar veel straling aanwezig is, hebben kinderen een grotere kans om leukemie te krijgen.
Door welke oorzaken kan bij kinderen in zo'n gebied leukemie vaker voorkomen?

- ☐ A Door mutaties in de geslachtscellen van de ouders.
- ☐ B Doordat de geslachtschromosomen in de lichaamscellen van de ouders door straling zijn aangetast.
- ☐ C Doordat de witte bloedcellen van de moeders beschadigd zijn voordat de kinderen werden geboren.
- ☐ D Doordat mutaties optreden in de lichaamscellen van de kinderen.

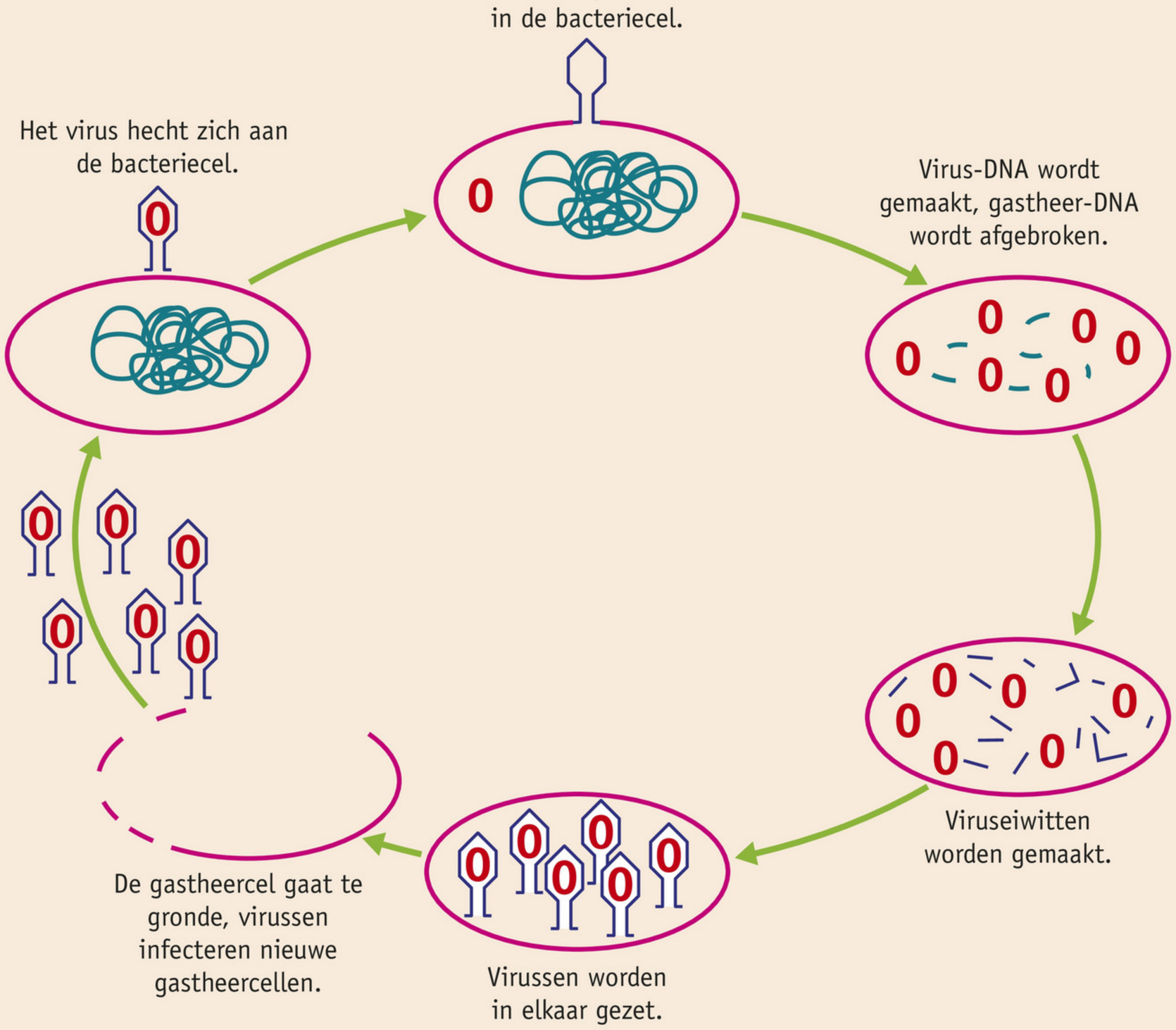
SAMENHANG leefwereld

CORONAVIRUS

Wekenlang niet naar school gaan, maar les krijgen via internet. Niet op bezoek mogen gaan bij je grootouders en niet met een groepje vrienden of vriendinnen op straat mogen hangen.
Dit waren enkele maatregelen die in 2020 genomen werden om verspreiding van het SARS-CoV-2 virus (een nieuw type coronavirus) zoveel mogelijk tegen te gaan. Ondanks al die maatregelen verspreidde het virus zich razendsnel over de hele wereld. De uitbraak begon in december 2019 in China.
Net als andere virussen bestaat een coronavirus alleen uit een hoeveelheid RNA of DNA met daaromheen een omhulsel van eiwitten. Virussen kunnen zich niet zelfstandig bewegen, eten of voortplanten. Ze kunnen zich alleen vermeerderen in een cel van een gastheer. Die gastheer kan een mens of een dier zijn, maar ook een plant. Voor de

voortplanting maakt een virus gebruik van het kopieermechanisme waarmee een cel zelf DNA kopieert. Afbeelding 6 laat schematisch zien hoe een virus zich vermeerdert. Nadat een virus zich meerdere keren heeft vermeerderd, gaat de gastheercel dood en komen de virussen vrij. De virussen moeten dan op zoek naar een andere gastheercel om zich opnieuw te kunnen vermeerderen.
Virussen kunnen ook voorkomen in bacteriën, bijvoorbeeld de bacteriën die in onze darmen leven. Elk soort virus heeft zijn eigen soort bacterie die wordt gebruikt voor de vermeerdering.

Afb. 6 Levenscyclus van een virus.



12 Lees de tekst ‘Virus’.

a Biologen beschouwen virussen niet als levende wezens.
Leg uit waarom niet.

b Leg uit dat een virus zich niet zelfstandig kan vermeerderen.

c Nadat het virus zich heeft vermeerderd, gaat de gastheercel dood.
Leg met behulp van afbeelding 6 uit waarom.

d Ziekteverwekkende bacteriën worden bestreden met antibiotica. Onderzoekers proberen virussen te gebruiken bij de bestrijding van schadelijke bacteriën.
Leg uit wat het voordeel kan zijn van deze methode.

e Het coronavirus veroorzaakt ontstekingen in de luchtwegen. Om verspreiding te voorkomen kreeg iedereen het advies om 1,5 meter afstand te bewaren tot andere mensen.
Leg uit waarom dit advies werd gegeven.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

5 De evolutietheorie

LEERDOEL

5.5.11 Je kunt de evolutietheorie beschrijven.

► Practicum 1

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	5.5.11	5.3.7*	5.4.9*
Onthouden	1ab, 2b		
Begrijpen	1c, 2a, 3, 4		
Toepassen	5, 6bc, 9a, 10bd	9a	9a
Analyseren	6a, 8, 7, 9b, 10ac	9b	9b

* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.

Er leven miljoenen soorten organismen op aarde. Deze vormen van leven kunnen er erg verschillend uitzien (zie afbeelding 1). Soorten kunnen ontstaan, veranderen en verdwijnen.

EVOLUTIE

De levensvormen op aarde zijn in de loop van de tijd ontstaan en veranderd. De ontwikkeling van het leven op aarde waarbij soorten ontstaan, veranderen en/of verdwijnen, noem je **evolutie**.
De **evolutietheorie** is vooral ontwikkeld door Charles Darwin, een Engelse onderzoeker uit de negentiende eeuw. Hij gaat uit van een periode van miljoenen jaren, variatie in genotypen, natuurlijke selectie en het ontstaan van nieuwe soorten.

Afb. 1 Vormen van leven.

VARIATIE IN GENOTYPEN

De meeste planten en dieren planten zich geslachtelijk voort. Bij geslachtelijke voortplanting ontstaat variatie in genotypen. Ook door mutaties kan variatie in genotypen ontstaan. Als nieuwe genotypen ontstaan, kan dat leiden tot nieuwe fenotypen (zie afbeelding 2).

Afb. 2 Variatie in fenotypen.

1 bij tomaten

2 bij lieveheersbeestjes

3 bij slakken

NATUURLIJKE SELECTIE

Sommige organismen krijgen veel nakomelingen. Een vrouwtjeskikker kan in één voorjaar wel drieduizend eieren in een vijver leggen. Maar de vijver bevat niet genoeg voedsel voor zo veel kikkers.
Niet alle kikkers hebben een even grote **overlevingskans**. Kikkers met een zwakke gezondheid of met een afwijkende kleur worden eerder gevangen door roofdieren. Deze kikkers leven kort en hebben weinig kans om nakomelingen te krijgen. Kikkers die gezond en sterk zijn en een goede schutkleur hebben, hebben de grootste kans om in leven te blijven en nakomelingen te krijgen. Darwin noemde dit verschijnsel **natuurlijke selectie** (zie afbeelding 3).

Afb. 3 Natuurlijke selectie bij kikkervisjes.

Een dier kan goed of minder goed zijn aangepast aan het milieu. Dit wordt vooral bepaald door het genotype. Een dier dat goed aan zijn milieu is aangepast, heeft een grote overlevingskans. Van dit dier zullen waarschijnlijk veel nakomelingen in leven blijven en zich voortplanten. De eigenschappen die gunstig zijn om te overleven, worden doorgegeven aan de nakomelingen.
Een dier dat slecht aan het milieu is aangepast, krijgt waarschijnlijk weinig of geen nakomelingen. Het ongunstige genotype wordt zo vrijwel niet doorgegeven aan de nakomelingen. Dit geldt niet alleen voor dieren, maar voor alle organismen.

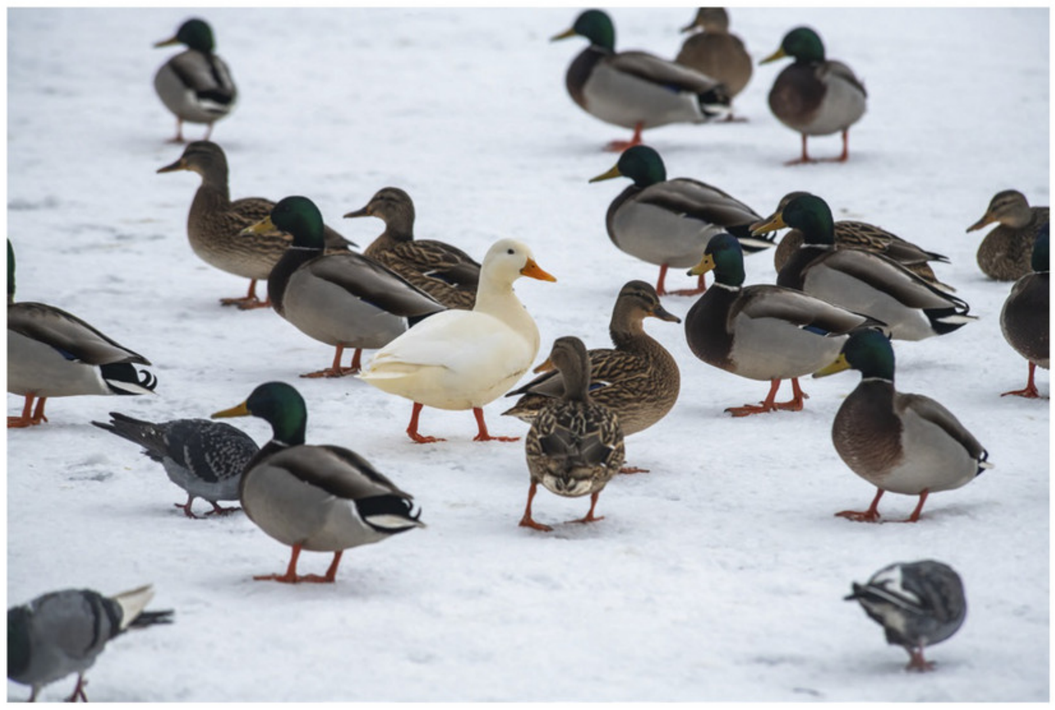
Door geslachtelijke voortplanting ontstaan steeds nieuwe genotypen (variatie), en de omstandigheden voor een soort kunnen keer op keer veranderen. Door natuurlijke selectie kunnen soorten dus voortdurend veranderen.
Een voorbeeld is de giraffe met zijn lange nek (zie afbeelding 4). Een giraffe die een iets langere nek heeft dan andere giraffen, kan meer blaadjes van bomen eten. Hij heeft meer kans om te overleven en nakomelingen te krijgen, die ook weer een langere nek hebben. Zo kunnen er steeds meer giraffen komen met een langere nek, die blaadjes kunnen eten waar andere soorten niet bij kunnen. De soort verandert en is dan beter aangepast aan de omstandigheden.

Afb. 4 Een lange nek is een nuttige aanpassing voor een giraffe.

ONTSTAAN VAN NIEUWE SOORTEN

Door spontane (erfelijke) mutaties neemt de genetische variatie in de nakomelingen toe. Dat kan gunstig zijn voor de overlevingskans van een populatie (een groep organismen van dezelfde soort in een bepaald gebied). Als de omstandigheden veranderen, is een organisme met een mutatie misschien beter aangepast dan zijn soortgenoten. Want misschien leidt die mutatie wel tot een extra lange nek, zoals bij de giraffe, of tot witte veren bij een organisme in een gebied met veel sneeuw.

Afb. 5 Witte eend tussen soortgenoten.



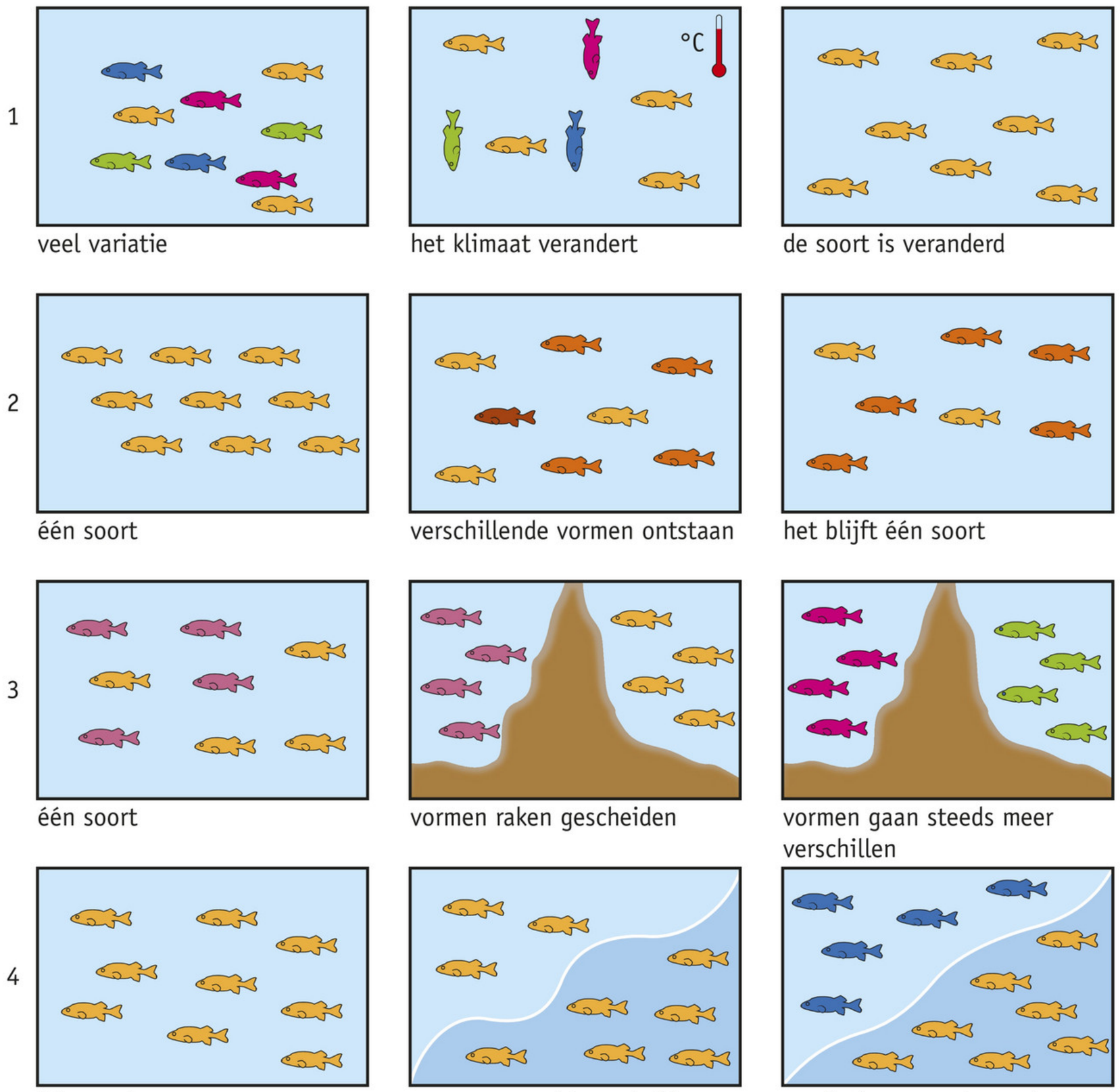
Een soort als geheel heeft een grotere overlevingskans als bij deze soort veel verschillende genotypen en fenotypen voorkomen. Dan is er veel variatie. Als de omstandigheden veranderen, is de kans groot dat er organismen zijn met de juiste eigenschappen voor die nieuwe omstandigheden.
Het klimaat kan bijvoorbeeld veranderen. Als binnen een soort veel variatie is in genotypen en fenotypen, zijn er waarschijnlijk ook organismen bij met eigenschappen die gunstig zijn in het nieuwe klimaat. Als deze organismen zich voortplanten, geven ze hun genen door aan hun nakomelingen (zie afbeelding 6.1). De nakomelingen erven dan de gunstige eigenschap, terwijl de variatie in genotypen voor andere eigenschappen binnen de soort blijft bestaan. Soortgenoten die de genen voor de gunstige eigenschap niet hebben, zijn minder goed aangepast aan het nieuwe klimaat. De kans dat zij zich voortplanten, is kleiner. Als alleen de organismen met de nieuwe, afwijkende vorm blijven voortbestaan, is de soort veranderd.

Ook kunnen beide vormen naast elkaar blijven bestaan. Organismen met de oorspronkelijke vorm en organismen met de nieuwe, afwijkende vorm planten zich dan onderling voort. Meestal ontstaan dan ook allerlei gemengde vormen. Als de organismen met verschillende vormen zich onderling blijven voortplanten, blijven ze tot dezelfde soort behoren (zie afbeelding 6.2). Er zal dan geen nieuwe soort ontstaan. Wel ontstaan er verschillende vormen van de soort. Denk bijvoorbeeld aan verschillende hondenrassen. Deze behoren alle tot één soort, want ze kunnen zich onderling voortplanten.

De verschillende vormen van een soort kunnen geïsoleerd (gescheiden) raken van elkaar, bijvoorbeeld door een rivier, bergen, ijs, een woestijn of een zee. De twee vormen kunnen dan steeds meer van elkaar gaan verschillen (zie afbeelding 6.3). Na lange tijd zijn organismen van de twee vormen niet meer in staat zich onderling voort te planten en daarbij vruchtbare nakomelingen te krijgen. De twee vormen zijn dan twee soorten geworden. Zo kunnen verschillende soorten ontstaan door **isolatie**.

Hetzelfde kan gebeuren als een groep organismen van één soort geïsoleerd raakt van de rest van de soort. In de loop van de tijd kan het milieu in de twee leefgebieden gaan verschillen. Elke groep organismen ontwikkelt aanpassingen aan het eigen milieu (zie afbeelding 6.4). Daardoor kunnen twee verschillende soorten ontstaan.

Afb. 6 Hoe nieuwe soorten ontstaan.



KENNIS

1

a Wat is evolutie?

b Wie was de grondlegger van de evolutietheorie?

c Welke individuen hebben volgens de evolutietheorie de grootste overlevingskans?

- ○ A Individuen die de meeste kracht kunnen leveren.
- ○ B Individuen die het best zijn aangepast aan hun omgeving.
- ○ C Individuen die het meest kunnen eten.
- ○ D Individuen die het oudst worden.

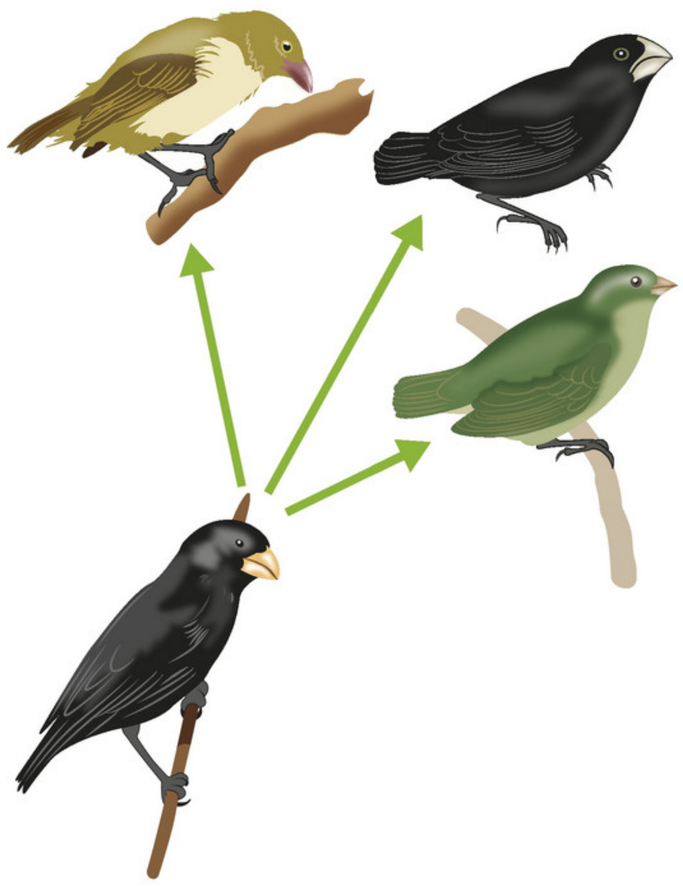
2 In afbeelding 7 zie je hoe door evolutie drie soorten vinken zijn ontstaan uit een gemeenschappelijke voorouder.

a Vanaf welk moment is er sprake van nieuwe soorten?

- ○ A Vanaf het moment dat de verschillende vormen geïsoleerd van elkaar leven.
- ○ B Vanaf het moment dat de verschillende vormen zich niet meer samen kunnen voortplanten.
- ○ C Vanaf het moment dat elke vorm in een ander soort voedsel is gespecialiseerd.
- ○ D Vanaf het moment dat er verschillende fenotypen zijn ontstaan.

b Bij een bepaald soort vink komen veel verschillende genotypen voor.
Heeft deze vinkensoort een grote of een kleine overlevingskans als het milieu verandert? Leg je antwoord uit.

Afb. 7 Soortvorming bij vinken.



3 Vossen kom je tegen in een gematigd klimaat, maar ook in het noordpoolgebied en in de Sahara. Poolvossen en woestijnvossen hebben aanpassingen waarmee ze hun lichaamstemperatuur constant houden (zie afbeelding 8). De poolvos heeft een dikke vetlaag, een witte vacht en kleine oren. De woestijnvos heeft een dunne vacht en grote oren.

a Leg bij elke eigenschap uit hoe de vos hiermee is aangepast aan zijn omgeving of milieu.

b De woestijnvos stamt af van ‘gewone vossen’ die in een gematigd klimaat leven. Lang geleden is een groep vossen in de Sahara terechtgekomen en geëvolueerd tot de woestijnvos.
Leg uit hoe de evolutie tot woestijnvos is verlopen. Gebruik in je uitleg de volgende begrippen: *genotype – mutatie – natuurlijke selectie – variatie*.

Afb. 8

1 poolvos

2 woestijnvos

4

Samenvatting

Beschrijf hoe volgens de evolutietheorie soorten kunnen ontstaan, veranderen en verdwijnen.

INZICHT

5

In afbeelding 9 zie je een zinkviooltje. Deze plant komt alleen voor op plaatsen waar veel zink in de bodem voorkomt, zoals het Geuldal in Zuid-Limburg. Deze soort heeft zich aangepast aan het leven op plekken met veel zinkvervuiling.
Door kruisbestuiving met stuifmeel van tuinviooltjes is het aantal zinkviooltjes afgenomen.
Leg uit dat kruisbestuiving met tuinviooltjes een bedreiging is voor de zinkviooltjes.

Afb. 9 Een zinkviooltje.

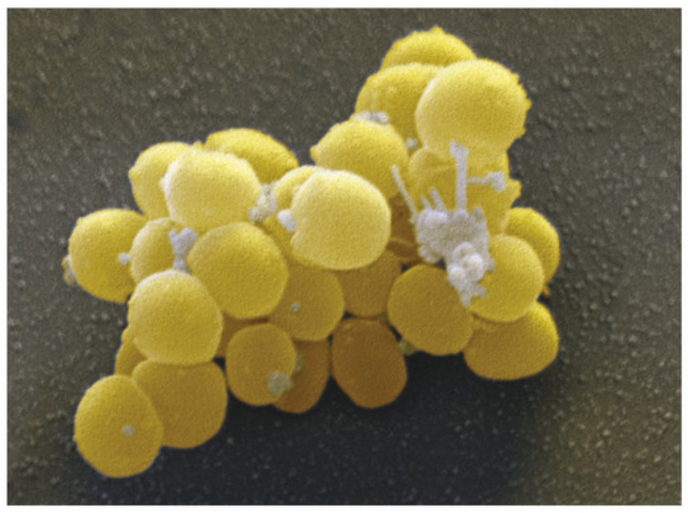
6 De bacterie *Staphylococcus aureus* komt in veel ziekenhuizen voor. Een deel van de bacteriën is ongevoelig (resistent) geworden voor antibiotica. Deze bacteriën worden MRSA-bacteriën of ziekenhuisbacteriën genoemd (zie afbeelding 10).

a Leg uit hoe bij bacteriën variatie in genotypen kan ontstaan.

b Leg uit waardoor de evolutie bij bacteriën veel sneller verloopt dan bij de mens.

c Artsen waarschuwen voor het gebruik van antibiotica. Ze zijn bang dat antibiotica in de toekomst niet werkzaam meer zijn.
Leg uit waardoor de werkzaamheid van antibiotica kan verminderen.

Afb. 10 MRSA-bacteriën.



7 De Tasmaanse duivel is een buideldier dat leeft op het Australische eiland Tasmanië (zie afbeelding 11). Door een dodelijke, besmettelijke ziekte werd het dier met uitsterven bedreigd. Maar nu lijkt het dier zich toch te redden. Een deel van de dieren bezit een allel waardoor ze eerder geslachtsrijp zijn.
Leg uit hoe dit allel de Tasmaanse duivel kan behoeden voor uitsterven.

Afb. 11 Tasmaanse duivel.

8 Schedefonteinkruid is een waterplant die voorkomt in ondiep water (zie afbeelding 12). Deze plantensoort komt in allerlei gebieden voor: van het noorden van Rusland tot in Zuid-Spanje. De voortplanting gaat door middel van ondergrondse knolletjes.
Tussen schedefonteinkruidplanten die bijvoorbeeld in hetzelfde meertje voorkomen, zitten verschillen.
Ontstaan de verschillen tussen de planten in hetzelfde meertje door evolutie? Leg je antwoord uit.

Afb. 12 Schedefonteinkruid.

+ 9 Volgens bioloog Armand Leroi heeft ieder menselijk embryo ongeveer 100 nieuwe mutaties. Maar een embryo erft ook de mutaties van ouders, grootouders en verre voorouders. Een embryo heeft daardoor gemiddeld 300 mutaties die in meer of mindere mate schadelijk zijn (afwijkingen of ziekten veroorzaken). Maar niet iedereen is gelijk. Sommigen hebben er maar 250. Een heel klein aantal heeft er wel 340.

a Leg uit hoe natuurlijke selectie ervoor zorgt dat mensen niet steeds meer schadelijke mutaties krijgen.

b Leg uit hoe onze moderne samenleving de natuurlijke selectie beïnvloedt.

SAMENHANG leefwereld

DE LUZERNEVLINDER

Bij vlinders zie je vaak vleugels in allerlei kleuren. Die kleuren hebben verschillende functies. De kleur en de kleurpatronen kunnen vogels die op vlinders jagen afschrikken. Maar de kleuren zijn ook belangrijk bij de voortplanting. Over het algemeen kunnen vlinders goed zien en kleuren en kleurenpatronen spelen een rol bij het vinden van een partner. Mannetjes lokken de vrouwtjes met hun kleuren.
De gekleurde vleugels zijn ook van belang bij het regelen van de lichaamstemperatuur. Veel vlinders kunnen pas goed vliegen bij een lichaamstemperatuur tussen 32 en 37 °C. Vlinders zijn afhankelijk van warmte uit de omgeving om hun lichaam op de juiste temperatuur te brengen. Door het opvangen van zonnestralen kunnen ze hun lichaamstemperatuur soms wel tot 10 °C boven de temperatuur van de omgeving brengen.
Bij het opnemen van zonnewarmte speelt de kleur van de vlinders een rol. Donkere vleugels nemen meer warmte op dan lichte vleugels.
In de Rocky Mountains leven vijf soorten luzernevlinders. Een van deze soorten komt voor in het laagland, maar ook in bergweiden op 3000 m hoogte. Bij deze soort komen individuen met zwarte vleugels en individuen met gele vleugels voor.

Afb. 13 Een luzernevlinder.

10 Lees de tekst ‘De luzernevlinder’.

a Op grote hoogte is de temperatuur gemiddeld lager. Daarnaast is door bewolking het aantal zonne-uren kleiner.
Welke vleugelkleur zal het meest voorkomen bij de luzernevlinders die in de bergweiden op 3000 m hoogte leven? Leg je antwoord uit.

b Vlinders maken tijdens hun leven een metamorfose door. Hoelang de metamorfose duurt, ligt vast in de erfelijke informatie. De metamorfose moet doorlopen zijn voordat de temperatuur te laag wordt.
Bij welke vlinders zullen allelen voorkomen voor een snelle metamorfose: bij vlinders die in de laagvlakten leven of bij vlinders die in de bergweiden op 3000 m hoogte leven? Leg je antwoord uit.

c Bij luzernevlinders die op grote hoogte leven, zijn de vleugels donkerder dan bij vlinders in laaggelegen gebieden. Onderzoekers vroegen zich af of die kleurverschillen worden veroorzaakt door erfelijke aanleg of door invloeden uit de omgeving.
Bij een experiment werden eitjes van luzernevlinders met gele en met zwarte vleugels opgekweekt onder gelijke omstandigheden. De eitjes waren afkomstig uit verschillende populaties. Bij de vlinders die zo werden gekweekt, was er evenveel variatie in de kleur van de vleugels als bij vlinders in de natuurlijke omgeving.
Is de variatie in fenotype voornamelijk bepaald door het genotype of door factoren uit de omgeving? Leg je antwoord uit.

d Bij de luzernevlinder wordt het geslacht bepaald door geslachtschromosomen. Bij deze vlinder heeft het vrouwtje een X- en een Y-chromosoom. Het mannetje heeft twee X-chromosomen.
Bij experimenten bleek dat bij mannelijke nakomelingen de kleur van de vleugels vaak hetzelfde is als bij hun moeder. Bij vrouwelijke nakomelingen was dat niet het geval.
Op welk geslachtschromosoom ligt erfelijke informatie voor de kleur van de vleugels: op het X- of op het Y-chromosoom? Leg je antwoord uit.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

6 Geschiedenis van het leven op aarde

LEERDOELEN

5.6.12 Je kunt uitleggen hoe fossielen zijn ontstaan.
5.6.13 Je kunt uitleggen dat soorten verwant zijn als ze een gemeenschappelijke voorouder hebben.

► Practicum 2

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	5.6.12	5.6.13	5.3.6*	5.5.11*
Onthouden	2a	1a	1a	
Begrijpen	2bc, 4	1b, 3ac, 4		3b
Toepassen	11	5		6a
Analyseren	6b	7, 8, 9, 10		

* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.

Tijdens de ontwikkeling van het leven op aarde zijn allerlei soorten organismen ontstaan. Tussen verschillende soorten bestaan veel overeenkomsten, zoals overeenkomsten in DNA, eiwitten en fenotype.

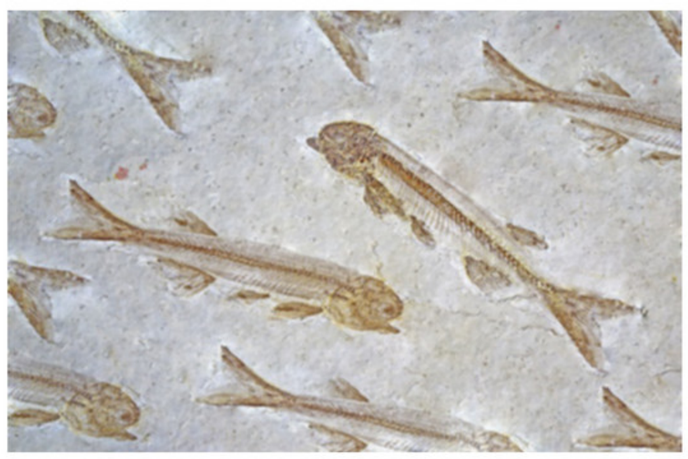
FOSSIELEN

In gesteentelagen worden soms fossielen aangetroffen. **Fossielen** zijn versteende overblijfselen van organismen, of afdrukken van organismen in gesteenten (zie afbeelding 1). Fossielen ontstaan als de resten van organismen worden bedekt door **sedimenten** (lagen van zand- of kleideeltjes). Als dit snel gebeurt, krijgen bacteriën en schimmels niet de tijd om de resten helemaal af te breken. De sedimenten verstenen en het fossiel blijft bewaard. Zachte delen vergaan vaak te snel om te kunnen fossiliseren. Van schelpdieren worden dan ook veel meer fossielen gevonden dan van bijvoorbeeld wormen.

Afb. 1 Fossielen (mjg = miljoen jaar geleden).

1 Trilobieten: geleedpotigen die in zee leefden (500 mjg)

2 Archaeopteryx of Oervogel: een vliegende sauriër (150 mjg)



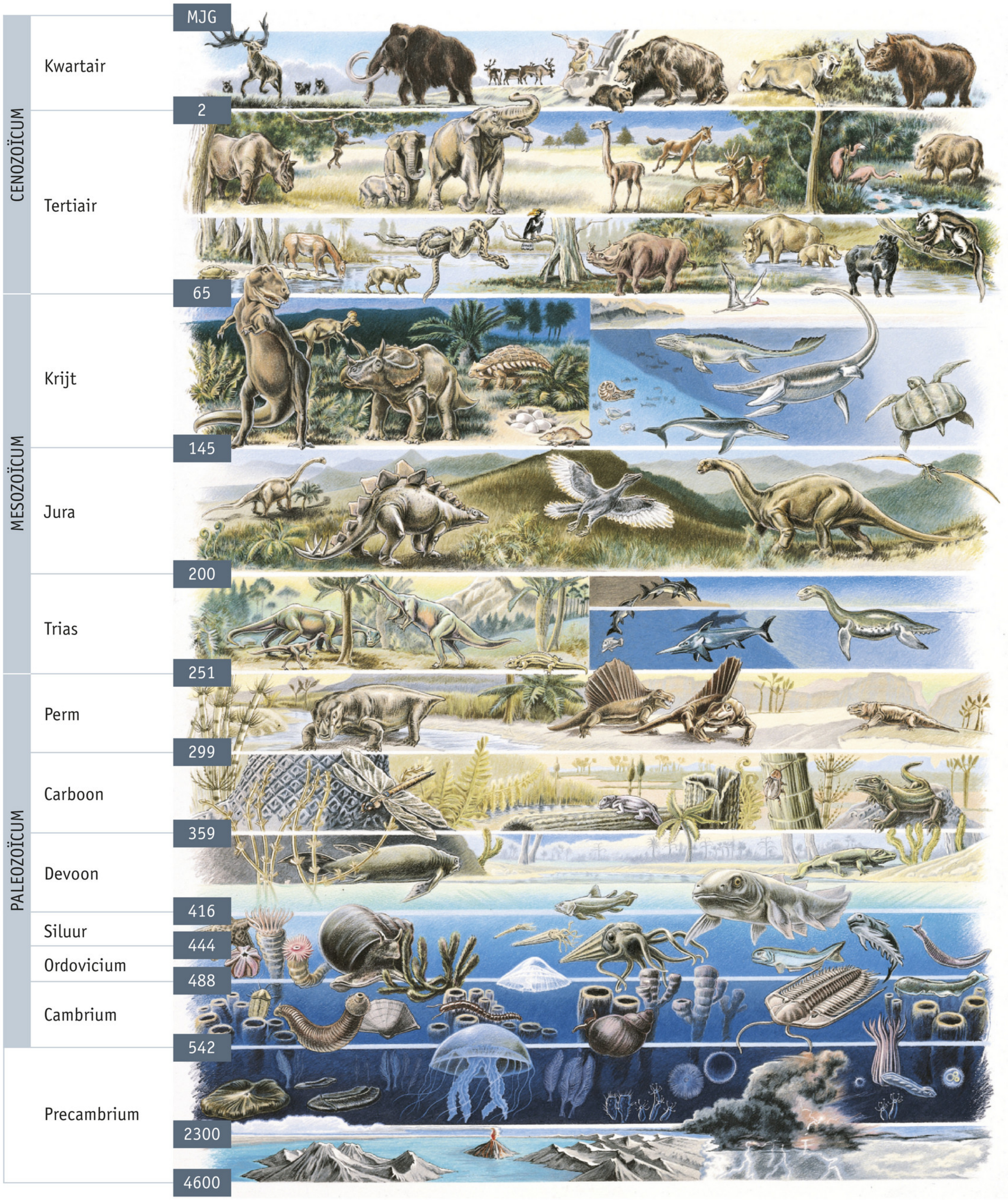
3 Lycoptera: een vis die leefde in het gebied dat nu China is (150–75 mjg)

Nieuwe sedimenten worden boven op oudere lagen afgezet. Meestal liggen de jongste gesteentelagen het dichtst aan de oppervlakte. Oudere gesteentelagen liggen dieper in de aardkorst.
Van sommige soorten komen de fossielen slechts in één gesteentelaag voor, terwijl ze niet voorkomen in oudere en jongere gesteentelagen. Blijkbaar hebben deze soorten organismen alleen in een bepaalde periode geleefd en zijn daarna uitgestorven. Hieruit blijkt dat in de geschiedenis van de aarde soorten zijn ontstaan en weer zijn verdwenen. Fossielen laten soms zien dat soorten veranderen.

TIJDPERKEN

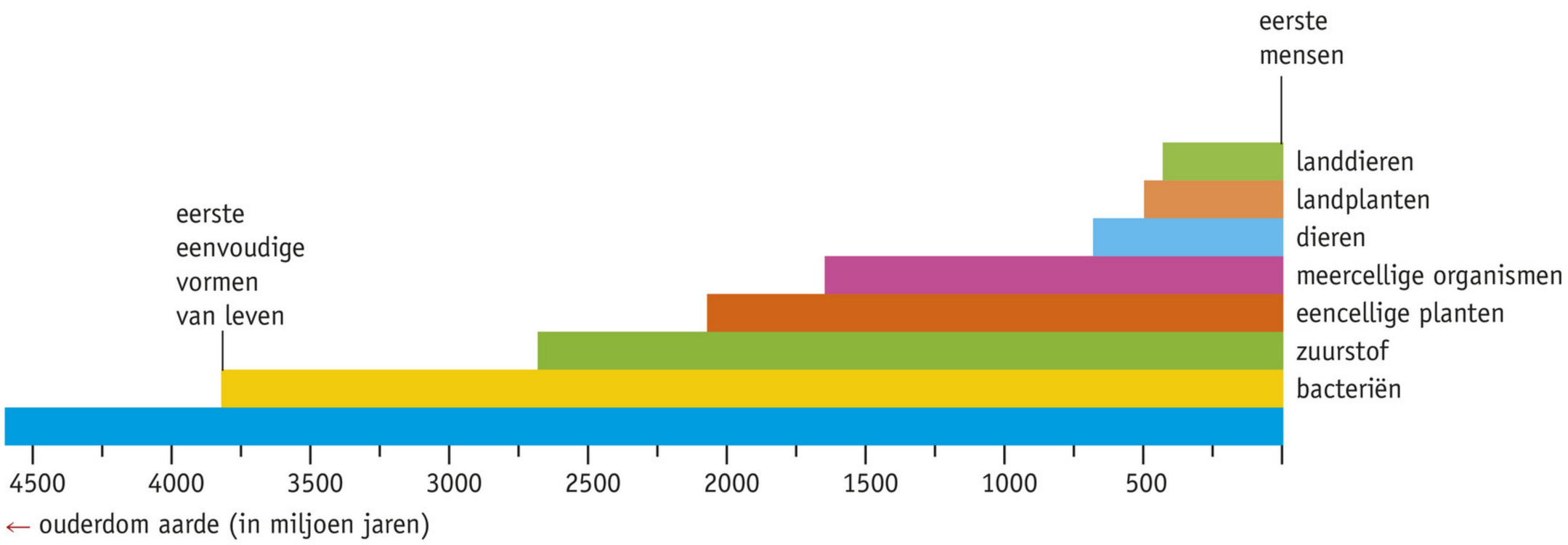
De geschiedenis van het leven op aarde wordt verdeeld in tijdperken, die verder worden onderverdeeld in perioden. In afbeelding 2 zijn de tijdperken en perioden weergegeven in een **geologische tijdschaal** (geologie = leer van de aarde). Daarin zie je hoeveel miljoen jaar geleden een periode begon en eindigde en welke levensvormen in die periode bestonden. De oudste levensvormen op aarde staan onderaan.

Afb. 2 Geologische tijdschaal (mjg = miljoen jaar geleden).



In afbeelding 3 is de geschiedenis van de aarde op een tijdbalk weergegeven. De aarde bestaat ongeveer 4600 miljoen jaar (4,6 miljard jaar). In het begin van het bestaan van de aarde was er geen leven mogelijk. De temperatuur was hiervoor nog veel te hoog. Ongeveer 3800 miljoen jaar geleden ontstonden waarschijnlijk de eerste eenvoudige levensvormen. Deze leefden in het water. De lucht bevatte toen nog geen zuurstof. Uit deze eenvoudige levensvormen ontstonden de eerste bacteriën. Een deel van deze bacteriën kon zuurstof produceren.
Ongeveer 3300 miljoen jaar geleden ontstonden andere eencellige organismen die fotosynthese konden laten plaatsvinden. Daardoor kwam er langzaam meer zuurstof in het water en ook in de lucht. Ongeveer 1600 miljoen jaar geleden ontwikkelden zich de eerste meercellige organismen. De eerste dieren ontstonden ongeveer 700 miljoen jaar geleden. Al deze soorten ontstonden in de oceanen en zeeën. Op het land kwamen alleen bacteriën voor.

Afb. 3 Tijdbalk van de geschiedenis van de aarde.



DIEREN OP HET LAND

De eerste landdieren waren voornamelijk geleedpotigen (vooral duizendpoten). Zij werden al snel gevolgd door gewervelden, de amfibieën en de reptielen. Ongeveer 251 miljoen jaar geleden begon de enorme bloeitijd van de reptielen. Er verschenen allerlei soorten sauriërs (*sauros* = hagedis). Op het land leefden enorme dinosauriërs. Ook in het water en in de lucht leefden allerlei soorten sauriërs (zie afbeelding 4). Tegelijk met de sauriërs ontstonden de eerste zoogdieren en vogels.

Afb. 4 Uitgestorven dieren.

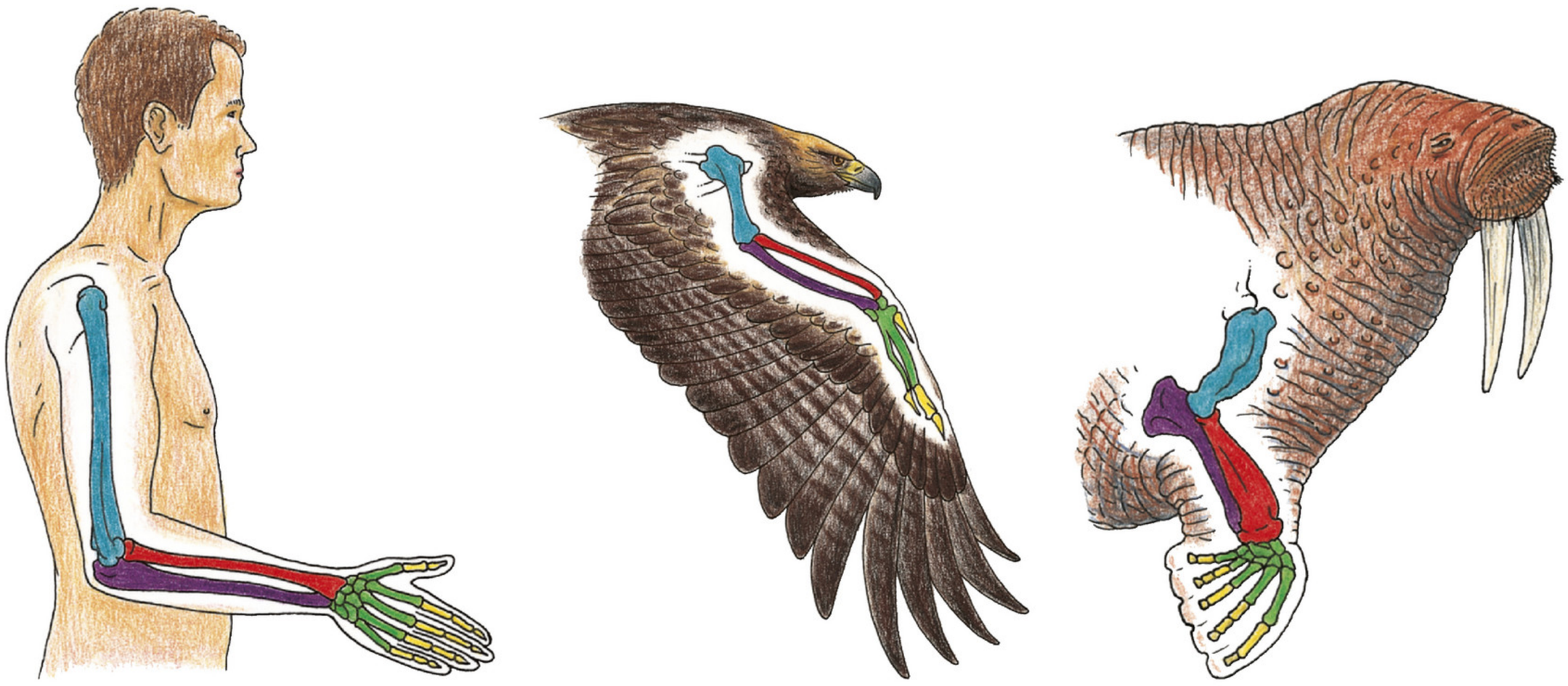
De sauriërs stierven 65 miljoen jaar geleden in korte tijd uit. De oorzaak hiervan was waarschijnlijk een klimaatverandering. Een rotsblok van ongeveer 10 km doorsnede sloeg vanuit de ruimte in op de aarde. Dit gaf een enorme explosie, gevolgd door uitgestrekte bosbranden. Hierna hebben enkele jaren zwarte wolken van stof en roet boven het aardoppervlak gehangen. Ook waren er rond deze tijd enorme vulkaanuitbarstingen in Azië. Vermoedelijk hebben alle stofwolken zo veel zonlicht tegengehouden dat het op de hele aarde vrijwel donker werd en de temperatuur sterk daalde.
De sauriërs hebben deze klimaatverandering niet overleefd, de zoogdieren en vogels wel. Toen de zwarte wolken verdwenen, konden de zoogdieren en vogels goed tot ontwikkeling komen. Ongeveer 3 miljoen jaar geleden ontstonden de eerste primitieve mensachtigen. De mensensoort die nu leeft (Homo sapiens), is 300 000 jaar geleden ontstaan in Afrika.

VERWANTSCHAP VAN SOORTEN

Tijdens de ontwikkeling van het leven op aarde zijn allerlei soorten organismen ontstaan. Soorten die een gemeenschappelijke voorouder hebben, vertonen **verwantschap**. Hoe meer het DNA van soorten overeenkomt, hoe meer deze soorten aan elkaar verwant zijn. Genen bevatten informatie voor het maken van eiwitten. Als het DNA meer overeenkomt, komen ook het fenotype en de eiwitten meer overeen. Dat maakt het aannemelijk dat soorten een gemeenschappelijke voorouder hadden. Hoe meer het DNA, het fenotype en de eiwitten overeenkomen, hoe korter geleden die gemeenschappelijke voorouder leefde.

De arm van een mens, de vleugel van een arend en de voorvin van een walrus hebben een verschillende functie. In afbeelding 5 zie je de skeletten van deze organen, met overeenkomstige beenderen in dezelfde kleur. Je ziet dat deze organen een grote overeenkomst in bouw vertonen. Waarschijnlijk zijn deze organen uit dezelfde grondvorm ontstaan. Deze dieren hebben dan ook waarschijnlijk een gemeenschappelijke voorouder. Door aanpassing aan verschillende milieus hebben de organen een verschillende functie gekregen.

Afb. 5 Armskeletten.



1 arm van een mens

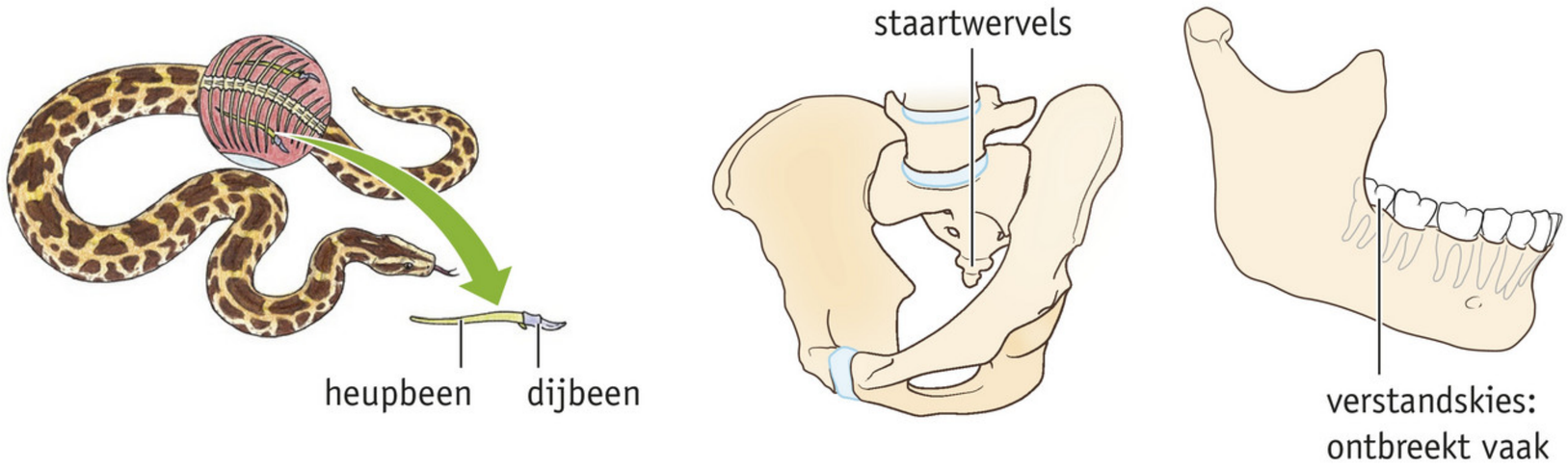
2 vleugel van een arend

3 voorvin van een walrus

Door aanpassingen kunnen organen een deel van hun functie verliezen en niet of nauwelijks tot ontwikkeling komen. Soms zijn nog resten van deze organen terug te vinden in de bouw van een organisme. Je noemt dat **rudimentaire organen** of **rudimenten**. Bij slangen komen bijvoorbeeld rudimentaire poten voor (zie afbeelding 6).

Voorbeelden van rudimenten bij de mens zijn de staartwervels en verstandskiezen. Verstandskiezen vergrootten bij onze voorouders de overlevingskans. Een grote kaak en veel kiezen kwamen goed van pas bij moeilijk te verteren en onbewerkt (rauw) voedsel. Onze kaken zijn nu kleiner en verstandskiezen zijn niet meer nodig. Een ander voorbeeld is kippenvel. Mensen krijgen kippenvel als ze het koud hebben. Als we een vacht hadden, zouden onze haren daardoor overeind gaan staan. De vacht zou dan meer warmte vasthouden. Mensen hebben geen vacht meer, onze voorouders hadden die wel.

Afb. 6 Rudimenten.



KENNIS

1 Onderzoekers werken nog steeds aan het verbeteren en aanvullen van de evolutietheorie. Daarom wordt onderzoek gedaan naar verwantschap van soorten die vroeger leefden met soorten die nu voorkomen. DNA-onderzoek is daarbij erg belangrijk. Met moderne technieken kan DNA worden geïsoleerd uit fossiele overblijfselen. Je ziet een stukje DNA met basenparen dat afkomstig is uit een fossiel.

T	**C**	**T**	**A**	**G**	**C**	**G**	**A**	**T**	**T**
A	G	A	T	C	G	C	T	A	A

Je ziet hier vier stukjes DNA die afkomstig zijn van hedendaagse soorten.

a Vul de ontbrekende basen in.

Soort 1

T	**C**	**G**	**A**	**T**	**C**	**G**	**T**	**T**	**T**
A	G	C	T	A	G	C	A	A	A

Soort 2

A	**C**	**G**	**A**	**A**	**T**	**G**	**G**	**T**	**A**

Soort 3

A	**G**	**T**	**A**	**C**	**G**	**G**	**T**	**A**	**T**

Soort 4

T	**C**	**C**	**A**	**G**	**C**	**C**	**A**	**T**	**T**

b Welke soort is waarschijnlijk het meest verwant aan het fossiel?

- ○ A soort 1
- ○ B soort 2
- ○ C soort 3
- ○ D soort 4

2

a Wat zijn fossielen?

b Waarom ontstaan fossielen alleen als de resten van een organisme worden bedekt door sedimenten?

c In afbeelding 7 zie je vier dieren.
Welke twee dieren kunnen na hun dood het best fossiliseren?

☐ A kwal
☐ B mossel
☐ C naaktslak
☐ D vlinder

Afb. 7

1 naaktslak 2 mossel 3 vlinder 4 kwal

3

In afbeelding 8 zie je armskeletten van verschillende dieren.

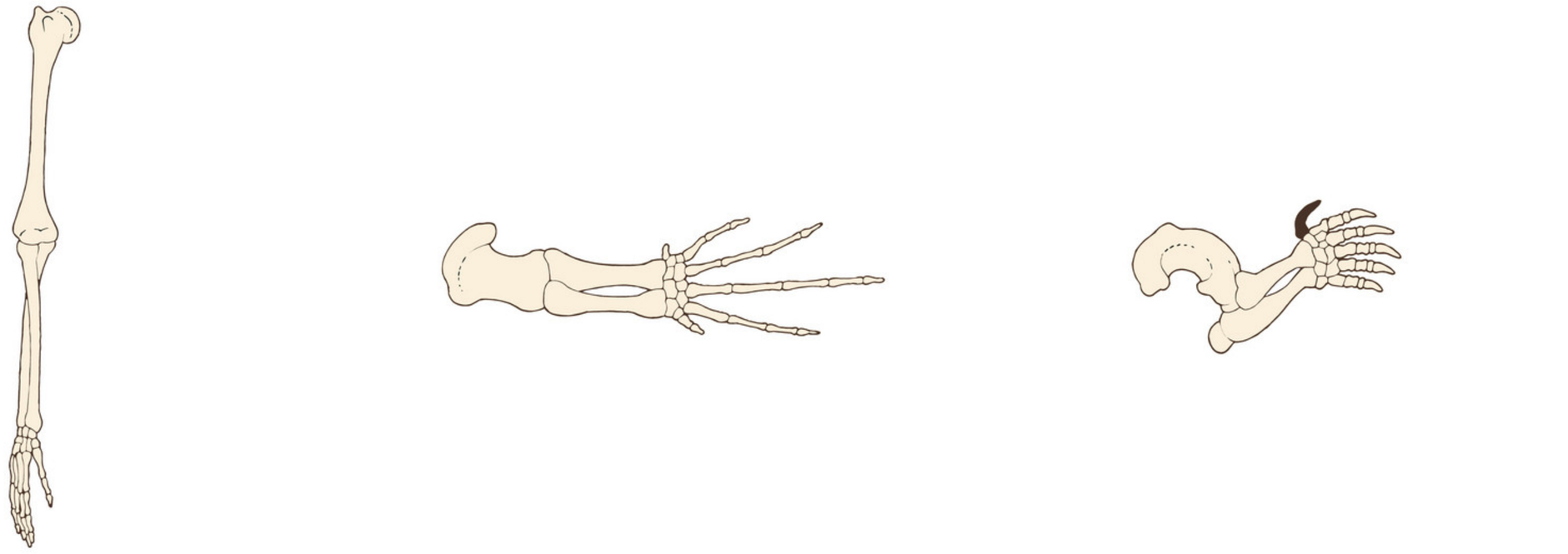
a Geef voor elke afbeelding aan bij welk organisme het armskelet hoort. Gebruik daarbij: *mens – mol – paard – vleermuis – walvis*.
Geef ook aan welke functie het armskelet heeft. Gebruik daarbij: *graaforgaan – grijporgaan – looporgaan – stuurorgaan – vliegorgaan*.

b Waarom zijn overeenkomsten en/of verschillen in de bouw van de armskeletten een argument voor de evolutietheorie?

○ A Overeenkomsten in bouw wijzen op eenzelfde aanpassing aan het milieu.
○ B Overeenkomsten in bouw wijzen op een gemeenschappelijke voorouder.
○ C Verschillen in bouw wijzen op verschillen in evolutionaire ontwikkeling.
○ D Verschillen in bouw wijzen op verschillende embryonale ontwikkeling.

c Rudimentaire organen wijzen ook op een gemeenschappelijke voorouder. De wervelkolom van de mens vertoont grote overeenkomsten met de wervelkolom van gewervelde dieren. De onderste ruggenwervels van de mens zijn rudimenten.
Welke functie hadden deze wervels bij voorouders van de mens?

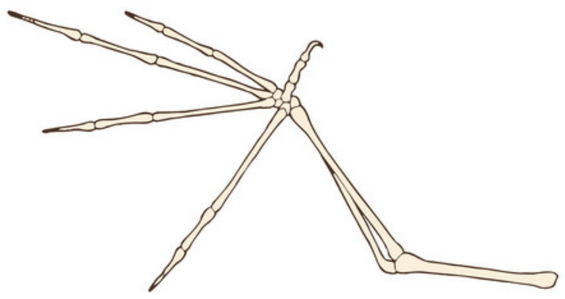
Afb. 8 Armskeletten.



1 armskelet van een .....
functie: .....

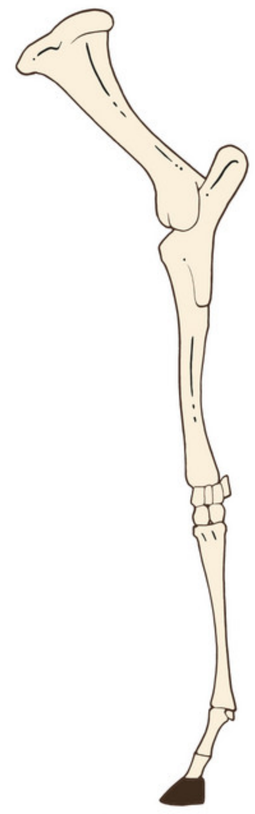
2 armskelet van een .....
functie: .....

3 armskelet van een .....
functie: .....



4 armskelet van een .....

functie: .....



5 armskelet van een .....

functie: .....

4

Samenvatting

Leg in je eigen woorden de volgende begrippen uit: fossiel, verwantschap, stamboom en rudimenten.

INZICHT

5 In afbeelding 9 is de vermoedelijke afstamming van organismen schematisch weergegeven. Uit deze afbeelding kun je aflezen waaruit groepen organismen zich hebben ontwikkeld. Ook kun je afleiden welke groepen veel en welke weinig verwantschap vertonen. Ten slotte kun je aflezen in welke periode bepaalde groepen een bloeitijd hebben gehad. Deze groepen zijn dan breed weergegeven.

a Welke groep organismen is in zijn geheel uitgestorven? .....

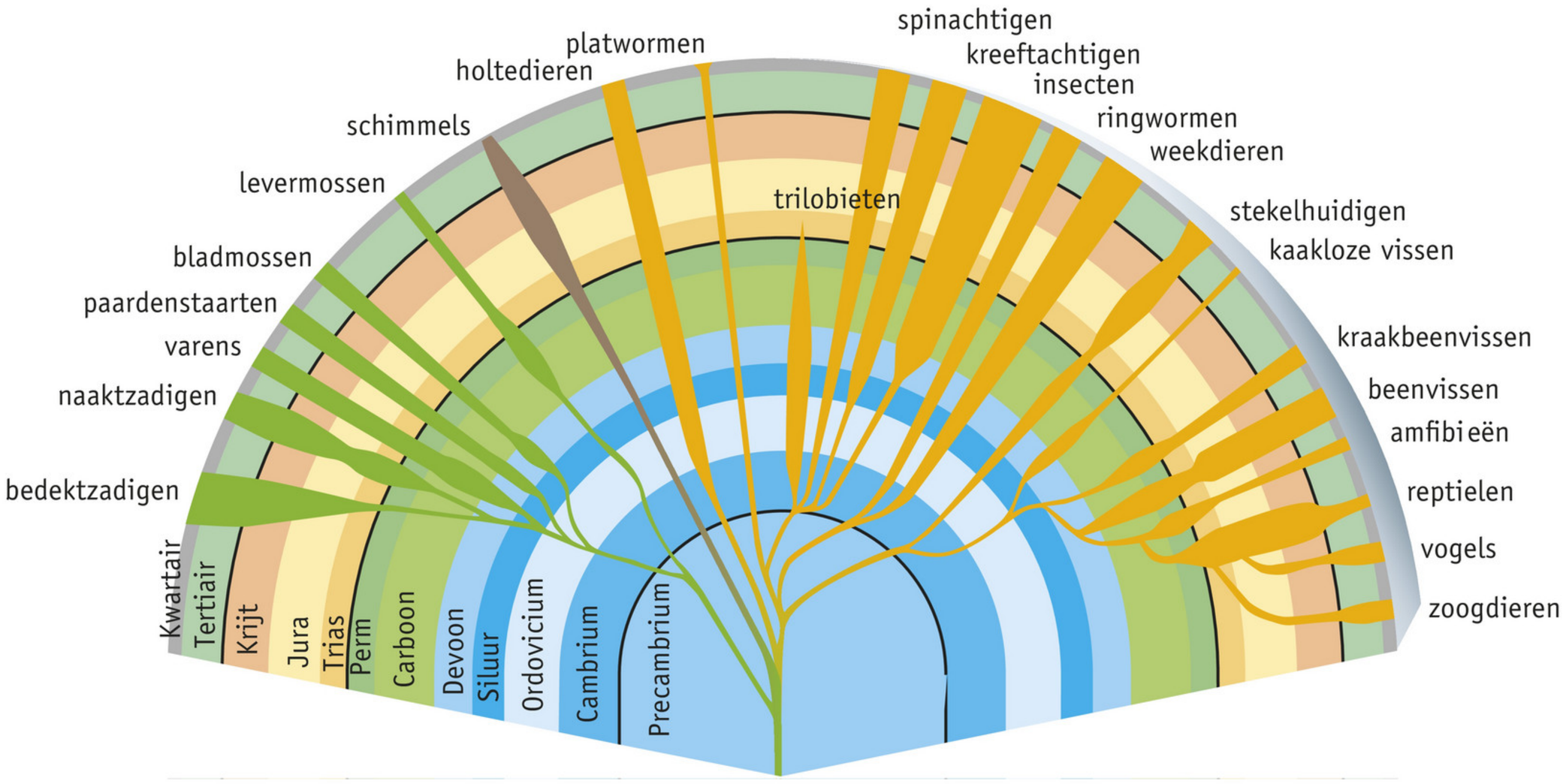
b Deze groep is uitgestorven in het *Jura* / *Perm* / *Trias*.

c Welke twee groepen zijn uit de reptielen ontstaan?

☐ A amfibieën
☐ B beenvissen
☐ C kraakbeenvissen
☐ D vogels
☐ E zoogdieren

d De varens, paardenstaarten en bladmossen zijn sporenplanten.
In welke volgorde zijn deze groepen ontstaan? Geef de oudste groep eerst.

Afb. 9 Vermoedelijke stamboom van organismen.



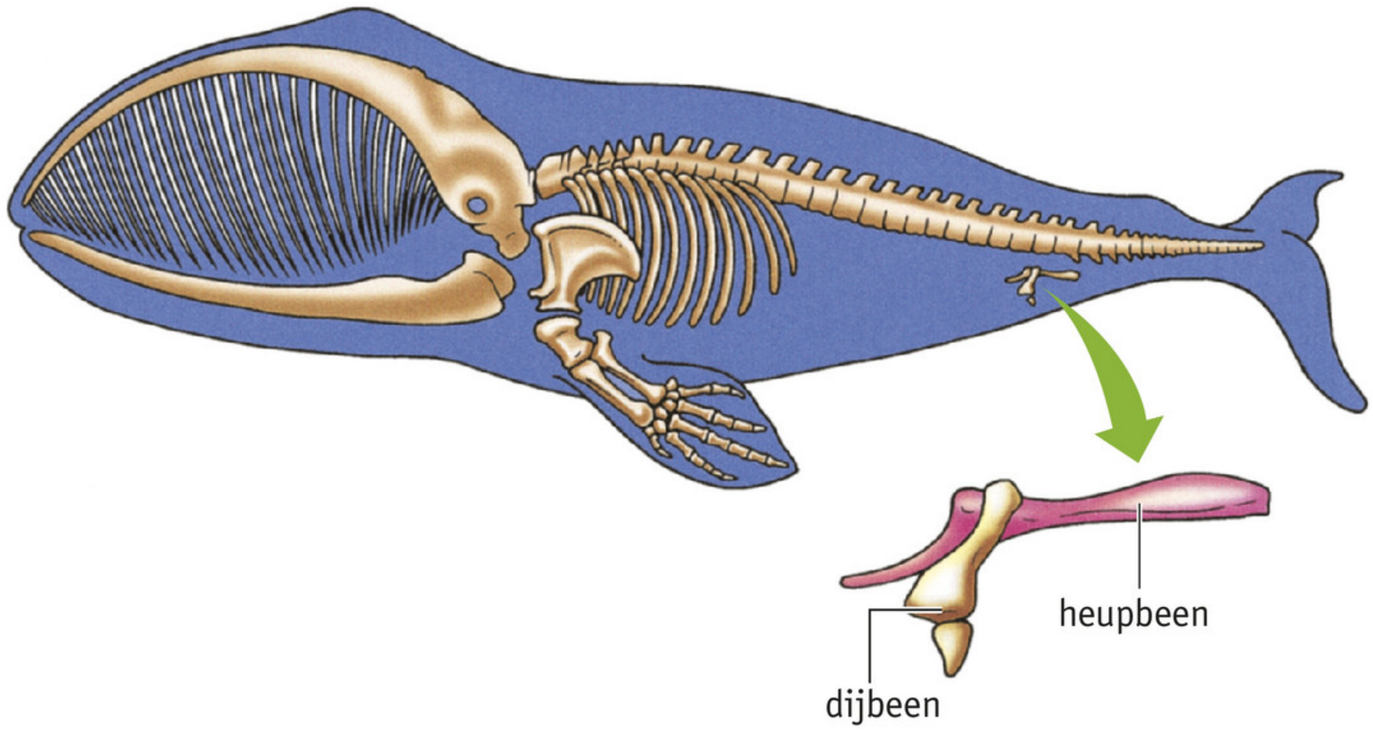
6 Ongeveer 65 miljoen jaar geleden is er een grote meteoriet ingeslagen op het Mexicaanse schiereiland Yucatan. Dat weten we doordat er een bodemlaag is ontdekt die in die tijd is ontstaan. Die laag bevat veel iridium. Iridium komt nergens op aarde in zo'n grote hoeveelheid voor. Iridium komt wel veel voor in meteorieten. De meteorietinslag heeft veel invloed gehad op de leefomgeving.

a Na de meteorietinslag zijn veel nieuwe soorten ontstaan.
Hoe kunnen deze nieuwe soorten zijn ontstaan?

b De laag met iridium bevat geen fossielen, maar de lagen eronder en erboven wel.
Hoe kun je aantonen dat door de meteorietinslag veel soorten zijn uitgestorven en dat er daarna veel nieuwe soorten zijn ontstaan?

7 In afbeelding 10 zie je het geraamte van een walvis. Bij het begin van de staart zie je een heupbeen en een dijbeen. Wetenschappers hebben lang gedacht dat deze botten geen functie meer hadden, maar ze blijken toch onmisbaar: de aanhechtingsspieren van de penis zitten eraan vast. De losse botjes zijn daardoor nodig bij het paren.
Zijn het heupbeen en het dijbeen van de walvis rudimenten? Leg je antwoord uit.

Afb. 10 Walvis met heupbeen en dijbeen.



8 Je kunt vaststellen hoe nauw soorten met elkaar verwant zijn door kenmerken te vergelijken. Je moet dan wel naar een groot aantal kenmerken kijken om een betrouwbare uitspraak te kunnen doen.
In de tabel zie je voor vier soorten een vergelijking op vijftien kenmerken. Een kenmerk dat aanwezig is, is aangegeven met + en een ontbrekend kenmerk met –.

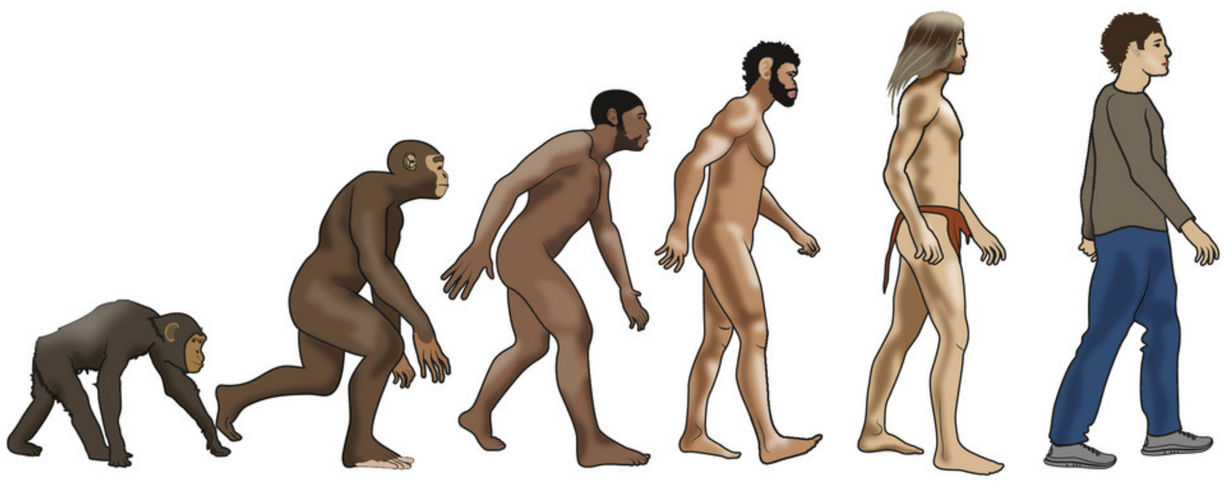
Kenmerk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Soort 1	+	+	+	–	+	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–
Soort 2	–	+	–	+	+	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–
Soort 3	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+	+	–	–	–	–
Soort 4	–	–	–	–	+	–	–	+	–	+	–	–	–	–	–

Welke twee soorten zijn het meest verwant aan elkaar?

soort ..... en soort .....

9 In afbeelding 11 zie je een schematische weergave van de evolutie bij de mens. Homo erectus was een van de voorouders van de moderne mens. Deze voorouder was de eerste mens die rechtop liep. Voorouders van de homo erectus waren viervoeters.
Welke eigenschap van de wervelkolom van de mens maakt het gemakkelijker om rechtop te lopen?

Afb. 11



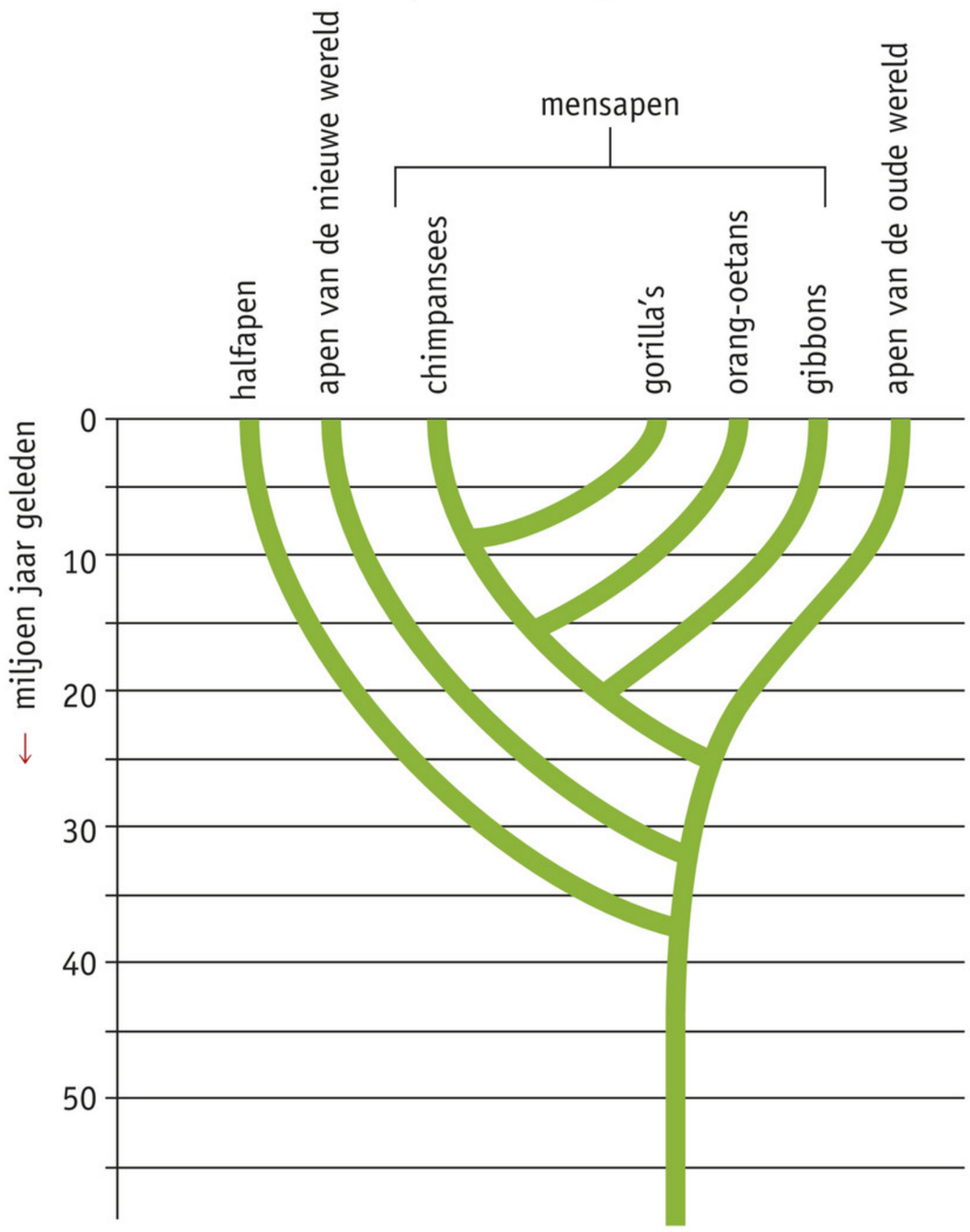
+ 10

In afbeelding 12 zie je een stamboom die de afstamming weergeeft van apen en halfapen.

a Wanneer begon de ontwikkeling als aparte groep van de apen die voorkomen in de oude wereld (Europa, Azië en Afrika)?

b Bij welke twee groepen komt het DNA het meest overeen? Leg je antwoord uit.

Afb. 12 Stamboom van apen en halfapen.



SAMENHANG beroep

PALEONTOLOOG

Lars van den Hoek Ostende is paleontoloog. Hij werkt als onderzoeker bij Naturalis, het Nationaal Natuurhistorisch Museum in Leiden. 'Binnen de paleontologie heb je verschillende specialisaties. Noem een beest waar je een fossiel van kunt vinden en je hebt er wel een specialist voor. Ikzelf weet vooral veel van muizenkiezen. Op dit moment onderzoek ik de oudste muizen van Nederland, waarvan fossiele kiesjes bij grondboringen tevoorschijn zijn gekomen. Die muizen waren veel ouder dan we dachten. Het waren namelijk kiezen van 3,5 miljoen jaar oud. Als je eenmaal iets hebt gevonden, begint het onderzoek pas. De eerste stap is heel goed registreren wat je hebt gevonden. De volgende stap is om de vondsten te beschrijven. Daarbij moet je ze ook nauwkeurig opmeten. Daarna kijk je wat de fossielen je kunnen vertellen: of ze laten zien hoe de evolutie is verlopen, of dat ze een aanwijzing zijn dat het hier vroeger warmer is geweest bijvoorbeeld. Deze conclusies kun je bijvoorbeeld gebruiken om te voorspellen wat de gevolgen van klimaatverandering kunnen zijn.'

Je kunt ook zelf op zoek gaan naar fossielen. Veel mensen met belangstelling voor fossielen bezoeken bijvoorbeeld de Steengroeve Winterswijk. Iedereen kan daar aan de slag. En wie een bijzondere vondst doet, kan daarmee naar Naturalis. Naturalis heeft eens in de maand een gratis spreekuur. Ze noemen dat 'Natuur op Spreekuur'. Deskundigen van Naturalis bekijken de vondsten en geven daar uitleg over.

Heb jij belangstelling voor fossielen? Neem dan een hamer en een beitel en vertrek richting Winterswijk.

Bron: www.geologievannederland.nl.

Afb. 13 Paleontologen aan het werk in de Steengroeve Winterswijk.

11 Lees de tekst ‘Paleontoloog’.

Bij onderzoeken van fossielen wordt tegenwoordig ook DNA-onderzoek gedaan.

a Leg uit welke rol DNA-onderzoek kan spelen.

b Leg uit waarom DNA-onderzoek heel vaak niet kan worden toegepast.

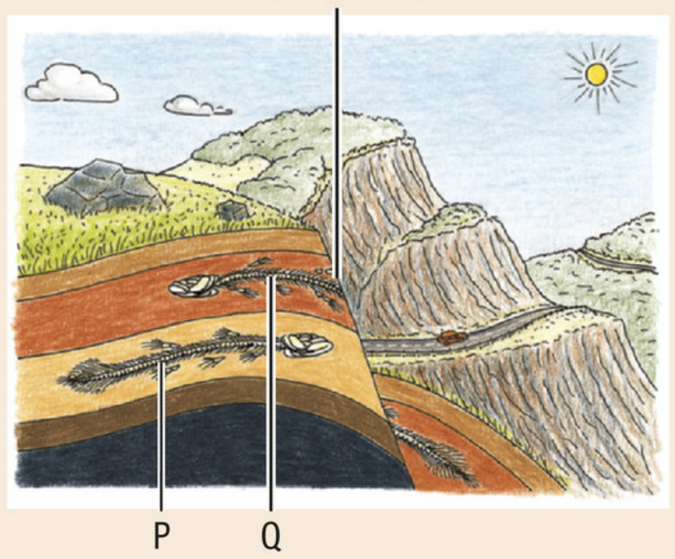
c In afbeelding 14 zijn twee fossielen aangegeven met P en Q.
Welk fossiel wordt gemakkelijker gevonden: P of Q? Geef hiervoor twee redenen.

d Door diverse oorzaken kan de volgorde van gesteentelagen in de loop van de tijd zijn veranderd. Soms kun je de ouderdom van een gesteentelaag vaststellen aan de hand van fossielen die in de laag voorkomen.
Welk fossiel is het meest geschikt om de ouderdom van een gesteentelaag te bepalen?

- ○ A Het fossiel van een organisme dat tijdens een korte periode op heel veel plaatsen op aarde voorkwam.
- ○ B Het fossiel van een organisme dat tijdens een korte periode op heel weinig plaatsen op aarde voorkwam.
- ○ C Het fossiel van een organisme dat tijdens een lange periode op heel veel plaatsen op aarde voorkwam.
- ○ D Het fossiel van een organisme dat tijdens een lange periode op heel weinig plaatsen op aarde voorkwam.

e Is het beroep van paleontoloog iets voor jou? Leg je antwoord uit.

Afb. 14



Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

7 DNA-technieken

LEERDOEL

5.7.14 Je kunt enkele DNA-technieken in de biotechnologie beschrijven.

► Leren onderzoeken 1

TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	5.7.14
Onthouden	1
Begrijpen	2, 3, 4, 5
Toepassen	6, 7, 8, 9, 10, 11
Analyseren	

Mensen gebruiken organismen om producten te vervaardigen. Dankzij allerlei nieuwe DNA-technieken is de biotechnologie sterk in ontwikkeling.

GENETISCHE MODIFICATIE

Biotechnologie is de verzamelnaam voor technieken waarbij organismen worden gebruikt om producten te maken voor de mens. Eenvoudige voorbeelden zijn gisten om brood te laten rijzen en bacteriën om yoghurt te maken. De gebruikte organismen zijn uit zichzelf in staat om de gewenste stoffen te produceren. Het DNA van de organismen hoeft hiervoor niet te worden veranderd.

Bij nieuwere vormen van biotechnologie wordt het DNA van organismen wel veranderd. Er zijn verschillende technieken om nieuwe erfelijke informatie aan te brengen in het DNA van een organisme. Een verzamelnaam voor deze technieken is **recombinant-DNA-technieken**. Het nieuwe DNA kan afkomstig zijn van een ander soort organisme.
Een voorbeeld is de productie van insuline. Een diabetespatiënt moet bij zichzelf elke dag een hoeveelheid insuline inspuiten. Vroeger werd insuline uit de alvleesklier van geslachte varkens gehaald. Dat was duur en tijdrovend. Gezonde mensen hebben een gen dat de informatie bevat voor de productie van insuline. Bacteriën hebben dit gen niet. DNA van dit gen is weggehaald uit cellen van de mens en ingebracht bij bacteriën. Daardoor kunnen deze bacteriën insuline produceren. Nu is insuline zuiver en goedkoop.

Het aanbrengen van gewenste erfelijke eigenschappen bij organismen heet **genetische modificatie**. Een genetisch gemodificeerd organisme wordt **transgeen** genoemd. Voor genetische modificatie worden vaak micro-organismen gebruikt, maar soms ook planten of dieren. In de gezondheidszorg, de landbouw, de industrie en het milieu worden genetisch gemodificeerde organismen gebruikt.
In afbeelding 1 staan enkele toepassingen van genetische modificatie.

Afb. 1 Genetische modificatie.

Appelbomen zonder schurft

Onderzoekers van Wageningen University & Research hebben een gen uit gerst ingebracht in het genotype van appelbomen. Het gen uit gerst bevat de informatie voor de productie van een stof die bescherming biedt tegen schimmels. De genetisch gemodificeerde appelbomen zijn nu veel beter bestand tegen aantasting door de schimmelziekte schurft en er zijn minder bestrijdingsmiddelen nodig.

Stonewashed spijkerbroeken

Om spijkerbroeken een stonewashed uiterlijk te geven, werden ze vroeger in een grote wasmachine gewassen met puimsteen. Dat kostte veel energie en het was tijdrovend. Nu gaat het een stuk goedkoper en sneller door behandeling met het enzym cellulase, geproduceerd door genetisch gemodificeerde bacteriën.

Aardappels zonder ziekte

De parasiet *Phytophthora infestans* veroorzaakt bij aardappels (en tomaten) de aardappelziekte. De infectie kan zich onder gunstige omstandigheden binnen enkele dagen verspreiden. De oogst gaat dan verloren. Bij aardappelplanten zijn genen van bijen en motten ingebracht, waardoor de gewassen beschermd zijn tegen de aardappelziekte.

Gouden rijst

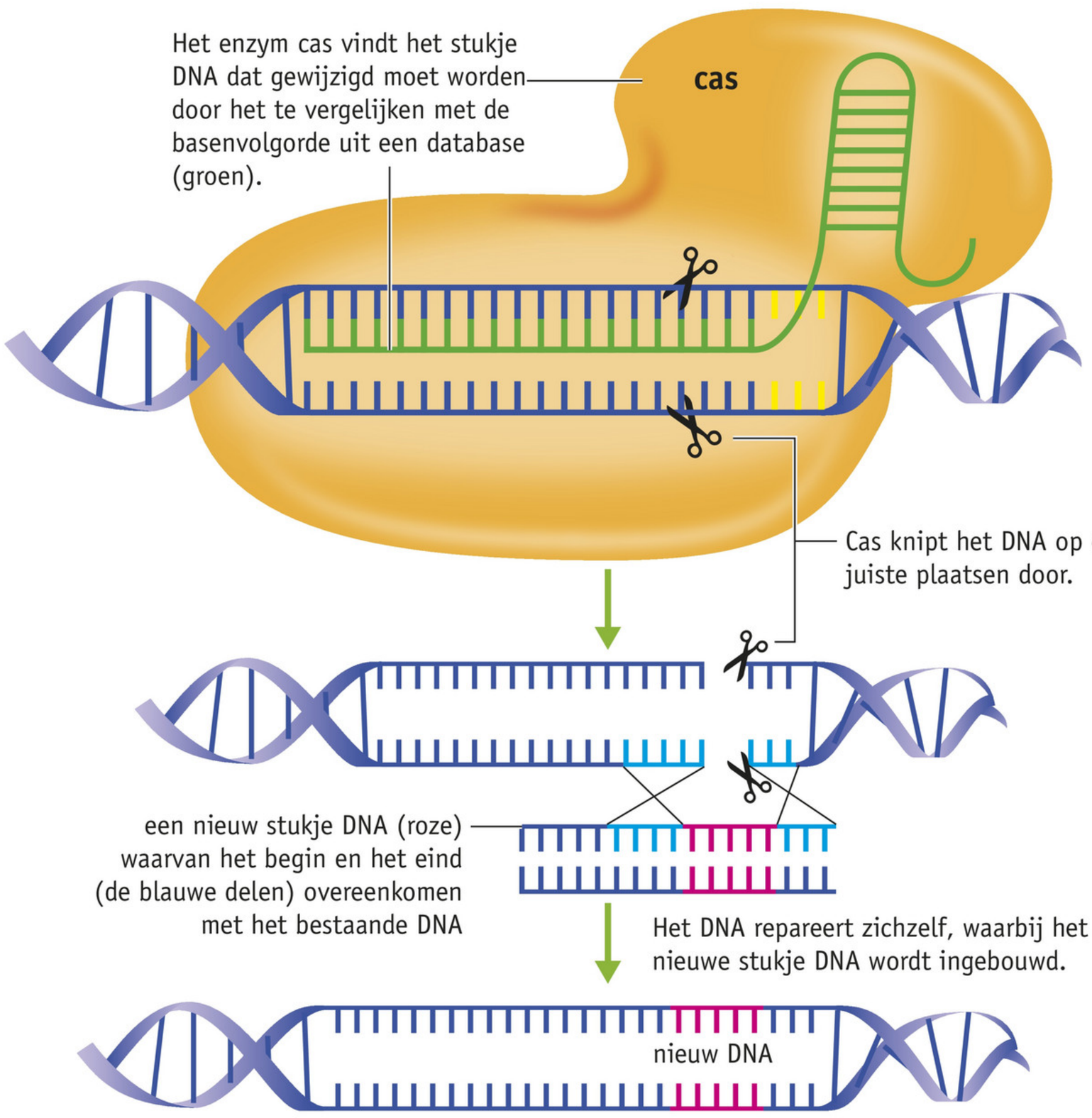
Gouden rijst is een rijstras waarin een gen van mais is ingebouwd. Daardoor wordt in de rijstkorrel de stof bètacaroteen aangemaakt. Bètacaroteen kan in het lichaam worden omgezet in vitamine A. Gouden rijst is ontwikkeld om kinderen met een vitamine A-tekort te helpen. Een tekort aan deze vitamine kan blindheid veroorzaken. Bètacaroteen kleurt de rijst geel (vandaar de naam ‘gouden rijst’).

CRISPR-CAS

Waarschijnlijk wordt het gebruik van genen van andere soorten op korte termijn grotendeels vervangen door een nieuwe techniek: **crispr-cas**. Bij crispr-cas worden gericht wijzigingen aangebracht in bestaande genen van een organisme. Dit wordt **gene editing** (gen-aanpassing) genoemd. Je kunt de techniek vergelijken met het aanpassen (‘editing’) van tekst. Door enkele letters te veranderen of een woord weg te laten, ontstaat een woord of zin met een nieuwe betekenis.

Crispr-cas is een mechanisme dat bacteriën gebruiken om zich te verdedigen tegen virussen. Als een bacterie een aanval van een virus overleeft, slaat zij het virus-DNA op in een soort ‘database’ in haar cel. Het enzym cas controleert de bacterie voortdurend op de aanwezigheid van virus-DNA door het te vergelijken met het DNA in de database. Zodra het enzym virus-DNA vindt, knipt hij het kapot.
Wetenschappers gebruiken dit mechanisme nu om genen in organismen te wijzigen. Cas wordt ingebracht om het stukje DNA te vinden dat moet worden gewijzigd. Het enzym knipt dit stukje DNA eruit. Daarna kunnen de uiteinden aan elkaar worden gemaakt, of er kan een nieuw stukje DNA worden ingebouwd. Zo kan een gen worden uitgeschakeld of vervangen. In afbeelding 2 is deze techniek schematisch weergegeven.

Afb. 2 Genen aanpassen met crispr-cas.



In de gezondheidszorg wordt crispr-cas ingezet voor gentherapie. **Gentherapie** is het gebruik van gene-editingtechnieken om kapotte genen te repareren. In afbeelding 3 staan nog enkele toepassingen van gene editing.

Afb. 3 Gene editing.

Chocolade
Wetenschappers werken aan een oplossing om het immuunsysteem van de cacaoplant te versterken. Hierdoor wordt de plant bestand tegen een virus dat massaal toeslaat bij West-Afrikaanse gewassen.

Bananen
Wetenschappers proberen verschillende wijzigingen in genen uit om bananen te krijgen die beter tegen een bepaalde schimmel kunnen.

Koffie
Wetenschappers hebben genen van een koffieplant aangepast zodat de bonen geen cafeïne meer bevatten. Dit is goedkoper en beter voor de smaak dan wanneer de cafeïne er in de fabriek uit wordt gehaald.

Rijst
Wetenschappers hebben een rijstras ontwikkeld dat 25 tot 30% meer rijstkorrels produceert, terwijl de plant nog net zo goed tegen hitte en droogte kan.

Tomaten
Genetici hebben dertien smaakstoffen gevonden in een oud tomatenras. Ze gaan de smaakstoffen misschien aan moderne rassen toevoegen om tomaten meer smaak te geven.

Mais
Wetenschappers hebben een gen ontdekt bij een inheemse maissoort. Het gen zorgt ervoor dat er onder droge omstandigheden meer maiskorrels worden gevormd. De wetenschappers willen het gen ook bij moderne rassen gaan toevoegen.

Paddenstoelen
Op de Pennsylvania State University ontdekten wetenschappers dat de ongewenste bruine plekken op paddenstoelen het resultaat zijn van een gen. Door dit gen aan te passen, kunnen paddenstoelen langer worden bewaard en blijven ze er mooier uitzien.

Tarwe
Wetenschappers in Spanje en Amerika zijn een tarweras zó aan het aanpassen dat de tarwekorrels veel minder gluten bevatten. Dit is goed nieuws voor mensen die niet tegen gluten kunnen.

DISCUSSIE

De meeste toepassingsmogelijkheden van genetische modificatie liggen in de voedselproductie (zie afbeelding 4). Er zijn voor- en tegenstanders van genetische modificatie. In tabel 1 staan enkele argumenten.

Afb. 4 Slaolie met genetisch gemodificeerde soja.

Tabel 1 Argumenten voor en tegen genetische modificatie.

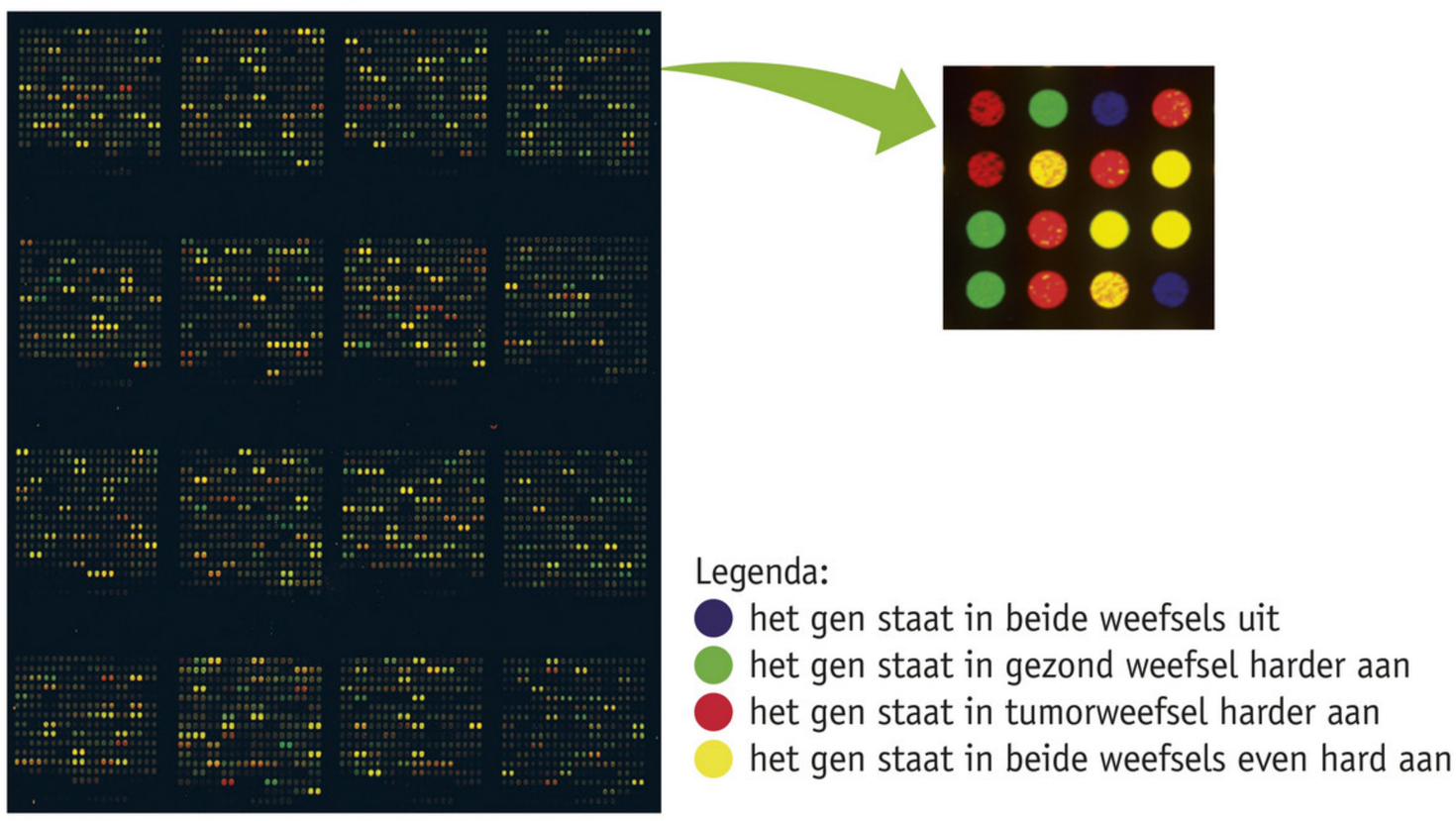
Voor	Tegen
De voedselopbrengst wordt hoger. Dat is nodig om de groeiende wereldbevolking van voedsel te voorzien.	De mens heeft niet het recht de erfelijke eigenschappen van organismen naar eigen inzicht te veranderen.
Sommige gewassen worden bestand gemaakt tegen ziekten, waardoor minder chemische bestrijdingsmiddelen nodig zijn.	Sommige gewassen worden bestand gemaakt tegen chemische bestrijdingsmiddelen, waardoor meer van die middelen kunnen worden gebruikt.
Mensen ‘verbeteren’ planten en dieren al door ze te kruisen en veredelen (selecteren op gunstige eigenschappen). Genetische modificatie doet hetzelfde, maar is sneller.	Door genetische modificatie kunnen naar willekeur allerlei nieuwe soorten organismen worden ‘gemaakt’.
Met behulp van genetische modificatie kunnen medicijnen beter, sneller en goedkoper worden geproduceerd.	De variatie binnen een soort kan afnemen doordat boeren alleen nog enkele genetisch gemodificeerde rassen gebruiken.
Groente en fruit kunnen gezonder worden gemaakt (meer voedingsstoffen) en een betere smaak krijgen.	Genetisch gemodificeerde organismen kunnen in de natuur terechtkomen en zich verspreiden. We weten niet wat de gevolgen daarvan kunnen zijn.

GENOMICS

Genomics (Nederlands: genomica) is de studie van het gehele DNA van een organisme met alle genen die daarop liggen. Genomics wordt bijvoorbeeld gebruikt in kankeronderzoek. Onderzoekers bestuderen bij kankeronderzoek de activiteit van veel genen tegelijkertijd. Ze vergelijken dan de activiteit van genen in gezond weefsel en tumorweefsel met elkaar. Met een speciale techniek is zichtbaar welke genen aan of uit staan in tumorweefsel en gezond weefsel (zie afbeelding 5).

Met genomics kunnen ziekten veel gemakkelijker worden opgespoord. Een arts hoeft een patiënt niet te testen op ziekte 1, ziekte 2, ziekte 3, enzovoort om erachter te komen wat er aan de hand is, maar kan het DNA vergelijken met dat van gezonde personen. Dan ziet hij snel waar afwijkingen zitten.
Genomics wordt ook gebruikt om behandelingen en medicatie op maat te maken voor een patiënt.
In de veeteelt wordt met behulp van genomics geselecteerd op gunstige genotypen van fokstieren.

Afb. 5 Genomics bij kankeronderzoek.



DNA-TESTS

DNA-tests zijn goedkoop, snel en nauwkeurig. Daardoor worden DNA-tests nu bijvoorbeeld gebruikt bij de misdaadbestrijding. Ieder mens heeft zijn eigen, unieke DNA. Als op de plaats van een misdrijf huidschilfers, haren, sperma of bloedsporen worden aangetroffen, kan het DNA uit de cellen hiervan worden onderzocht en vergeleken met het DNA van verdachte personen. Op deze manier kan uit een groep verdachten de werkelijke dader worden ontmaskerd.
DNA-tests kunnen ook op veel andere gebieden worden ingezet, bijvoorbeeld om fraude met vlees op te sporen. Met DNA-tests is aan te tonen van welk dier het vlees afkomstig is. Zo is een handelaar betrapt die (goedkoper) paardenvlees verkocht als (duurder) koeienvlees.
Met DNA-tests kunnen bovendien erfelijke ziekten worden opgespoord. Verder kan door DNA-tests evolutionaire verwantschap tussen soorten worden aangetoond of een nieuwe soort worden ontdekt. Met DNA-verwantschapsonderzoek kan worden onderzocht of een man de biologische vader is van een bepaald kind.

eDNA

Een veelbelovende techniek is het analyseren van **eDNA** (environmental DNA). eDNA is DNA dat in een bepaalde omgeving wordt verzameld, bijvoorbeeld uit een liter zeewater of uit een schep sneeuw. Alle organismen laten namelijk unieke DNA-sporen achter door te poepen, slijm af te scheiden, dode huidcellen te verliezen, enzovoort. Met eDNA kunnen wetenschappers erachter komen welke soorten er in het gebied voorkomen zonder de organismen zelf te hoeven vangen. Ze vergelijken het gevonden eDNA met stukjes DNA in een database. Daarin is het DNA van bekende soorten opgeslagen. Is er een match, dan is die soort waarschijnlijk in het gebied geweest.

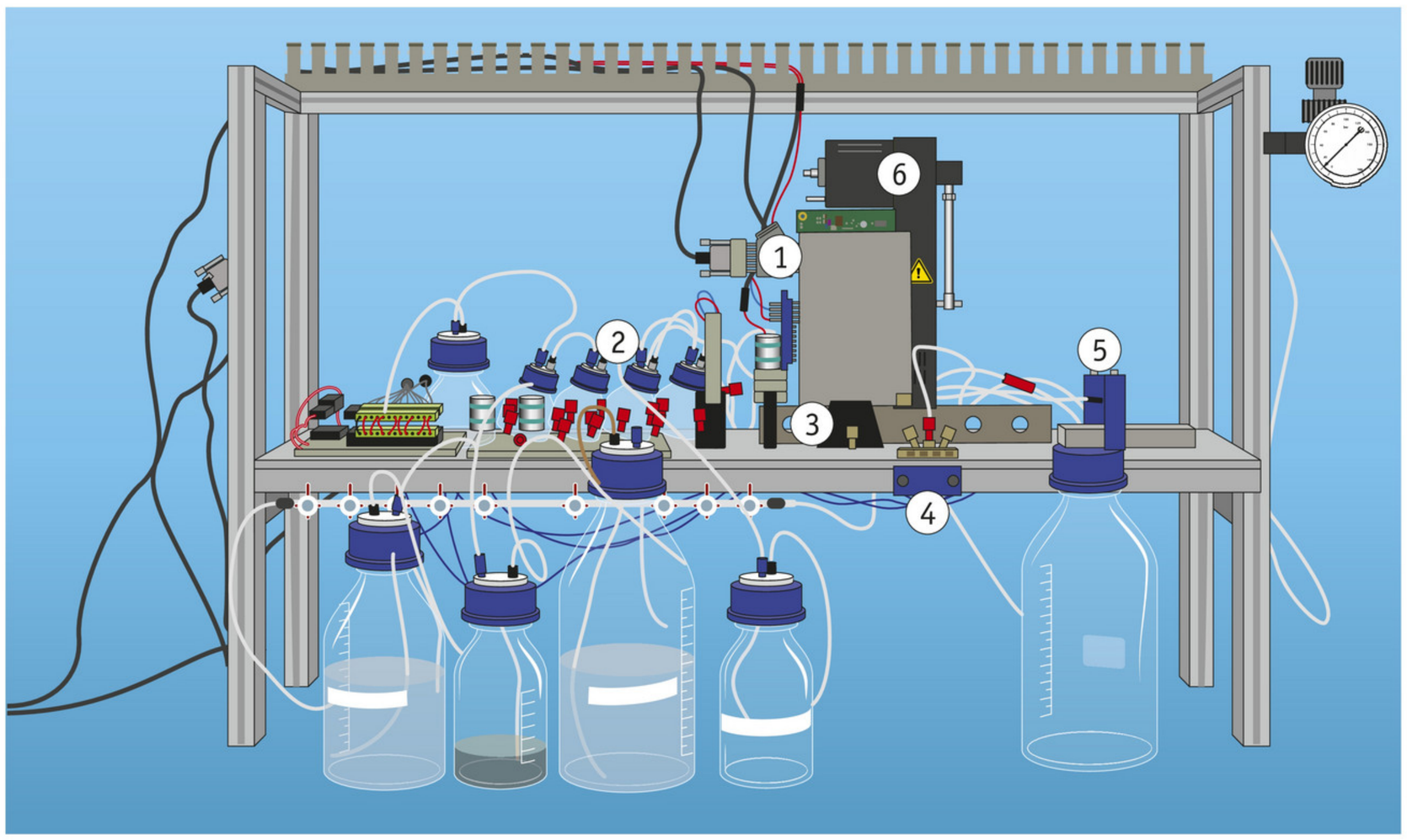
SYNTHETISCHE BIOLOGIE

De **synthetische biologie** is een vakgebied waarin biologisch materiaal kunstmatig wordt nagemaakt. Ook DNA kan worden nagemaakt. Zo hebben wetenschappers al het volledige DNA van een bacterie vervangen door kunstmatig gemaakt DNA. De overige organellen en celstructuren van de bacterie bleven onveranderd. De bacteriën bleven in leven en planten zich langzaam voort. Wel hebben ze een afwijkende vorm. Synthetisch biologen hopen dat ze in de toekomst DNA kunnen ontwerpen voor micro-organismen die afvalstoffen kunnen opruimen of biobrandstoffen kunnen produceren.

Nog een toepassing van kunstmatig DNA is de opslag van informatie. Handmatig informatie vastleggen in DNA is al een tijdje mogelijk, maar in 2019 gebeurde dit voor het eerst volledig automatisch. Microsoft bouwde een geautomatiseerd systeem dat het woord ‘HELLO’ (vijf bytes) heeft opgeslagen in DNA (zie afbeelding 6). Dit duurde zo’n 21 uur.

In de toekomst is synthetisch DNA misschien wel dé manier om veel meer gegevens op te slaan op veel minder ruimte dan nu met de beste computertechnieken mogelijk is. Alle computerdata van de hele wereld zouden passen op één kilo DNA.

Afb. 6 Geautomatiseerde dataopslag op DNA.



1 Computers vertalen het woord HELLO van bytes naar A,C,T,G.
2 Een DNA-maakmodule zet het molecuul in elkaar.
3 Het gemaakte DNA zit in een fles.
4 Een apparaatje maakt het DNA klaar voor analyse.
5 Een module leest de volgorde van de basen af.
6 Een computer vertaalt de code naar het woord HELLO.

KENNIS

1 Kies het juiste begrip bij elke omschrijving.

A aanbrengen van veranderingen in het genotype van organismen ○

B technieken waarbij organismen worden gebruikt om producten voor de mens te maken ○

C verzamelnaam voor alle technieken waarmee het DNA van organismen wordt veranderd ○

○ 1 biotechnologie

○ 2 genetische modificatie

○ 3 recombinant-DNA-technieken

2 Welke DNA-technieken worden toegepast in de volgende situaties?

A bacteriën geschikt maken om insuline te produceren ○

B DNA van landbouwgewassen aanpassen als bescherming tegen ziekten ○

C onderzoeken welke invloed medicijnen hebben op het DNA ○

D ouderschapstest ○

○ 1 crispr-cas

○ 2 DNA-test

○ 3 genetische modificatie

○ 4 genomics

3 Hierna staan argumenten die worden gebruikt in discussies over genetische modificatie. Geef bij elk argument aan of het hoort bij een voorstander of bij een tegenstander van genetische modificatie.

- De behandeling van sommige ziekten kan beter en goedkoper. *voorstander* / *tegenstander*
- De kwaliteit van het voedsel kan worden verbeterd. *voorstander* / *tegenstander*
- Door het veranderen van dieren kan het welzijn van de dieren worden aangetast. *voorstander* / *tegenstander*
- Er kunnen gewassen worden ontwikkeld die beter bestand zijn tegen veranderingen in het klimaat. *voorstander* / *tegenstander*
- Genetisch gemodificeerde organismen kunnen in de natuur terechtkomen en daar schade veroorzaken. *voorstander* / *tegenstander*
- Het telen van genetisch gemodificeerde gewassen kost minder arbeid. Daardoor verliezen mensen hun werk. *voorstander* / *tegenstander*

4 Een stier heeft meerdere kalveren verwekt die zich hebben ontwikkeld tot uitstekende melkkoeien. Deze koeien geven meer melk dan gemiddeld. De fokker wil nagaan welke mannelijke nakomelingen in de toekomst deze eigenschap kunnen doorgeven. Deze mannelijke kalveren kunnen dan voor veel geld worden verkocht. Door middel van genomics wordt bepaald welk mannelijk kalf het meest geschikt is als fokstier. De DNA-volgorde voor deze eigenschap is hierna sterk vereenvoudigd weergegeven (in werkelijkheid zijn voor elke eigenschap duizenden basenparen nodig!).

DNA fokstier	**A**	**T**	**T**	**C**	**G**	**G**	**T**	**A**	**A**	**C**	**T**	**G**	**T**	**A**
	T	A	A	G	C	C	A	T	T	G	A	C	A	T

DNA kalf 1	**A**	**T**	**T**	**C**	**G**	**G**	**T**	**A**	**A**	**T**	**C**	**C**	**T**	**A**
	T	A	A	G	C	C	A	T	T	A	G	G	A	T
DNA kalf 2	**A**	**T**	**T**	**C**	**G**	**G**	**T**	**A**	**A**	**C**	**T**	**C**	**T**	**A**
	T	A	A	G	C	C	A	T	T	G	A	G	A	T
DNA kalf 3	**A**	**T**	**T**	**C**	**G**	**G**	**T**	**A**	**A**	**C**	**T**	**G**	**T**	**A**
	T	A	A	G	C	C	A	T	T	G	A	C	A	T
DNA kalf 4	**A**	**T**	**A**	**C**	**G**	**G**	**T**	**T**	**A**	**C**	**T**	**G**	**C**	**A**
	T	A	T	G	C	C	A	A	T	G	A	C	G	T

a Welk kalf is het meest geschikt als fokstier?

- ○ A kalf 1
- ○ B kalf 2
- ○ C kalf 3
- ○ D kalf 4

b Is het kalf dat door middel van genomics wordt geselecteerd een transgeen dier? Leg je antwoord uit.

5 Samenvatting

Hier staat een lijst met begrippen. Schrijf op wat je over elk begrip moet weten.

- Biotechnologie .....
- Genetische modificatie .....
- Recombinant-DNA-technieken .....
- Crispr-cas .....
- DNA-test .....
- Genomics .....

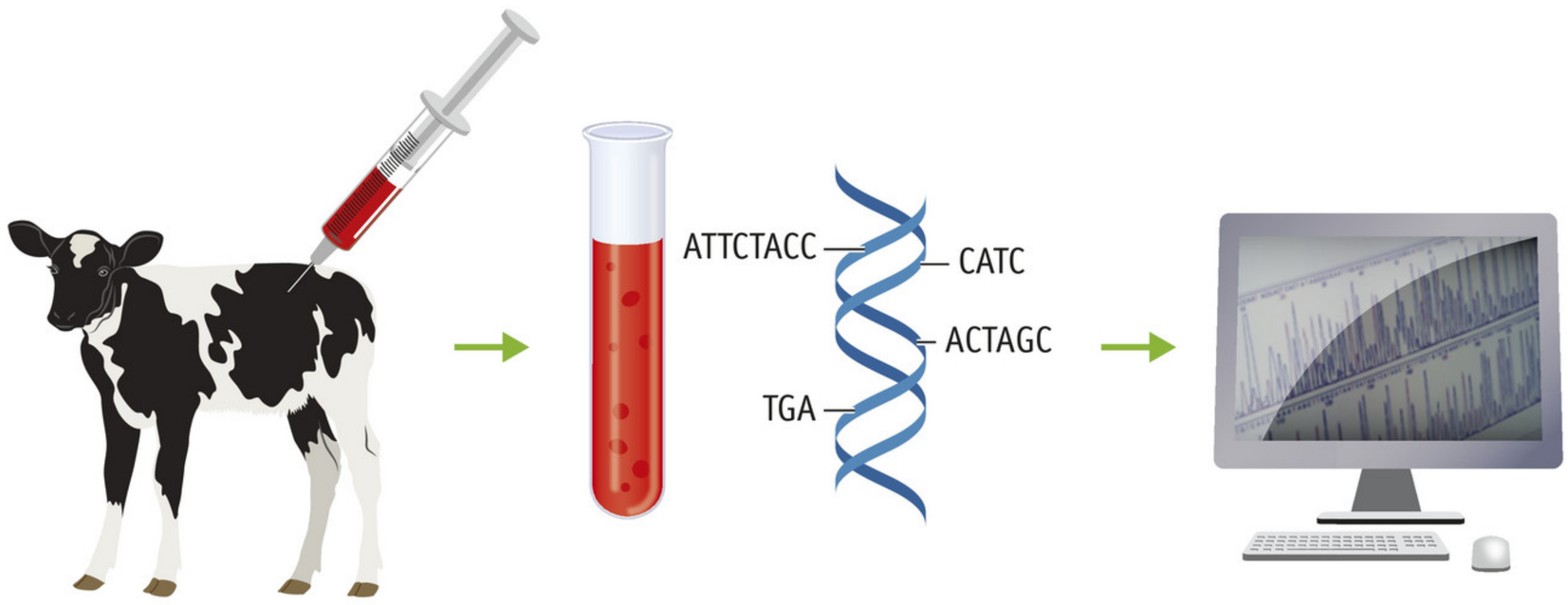
- eDNA .....
- Synthetische biologie .....

INZICHT

6 Met crispr-cas kunnen de eigenschappen van een organisme worden veranderd. Bij gemodificeerde bacteriën is de kans dat hun nakomelingen ook die veranderde eigenschappen krijgen groter dan bij mensen. Leg uit waarom.

7 Fokstieren moeten allerlei gunstige eigenschappen bezitten die ze kunnen doorgeven aan hun nageslacht. Vroeger kon pas na een jaar of vijf worden bepaald of een jonge stier inderdaad de juiste eigenschappen bezat om een goede fokstier te worden. Tegenwoordig worden fokstieren geselecteerd met behulp van genomics (zie afbeelding 7).
Leg uit welke voordelen het gebruik van genomics heeft bij de selectie van fokstieren.

Afb. 7 Selectie met behulp van genomics in de veeteelt.



1 Van een serie kalveren met een gunstige eigenschap wordt bloed afgenomen.

2 Van elk kalf wordt een serie allelen bepaald die invloed heeft op een bepaalde eigenschap.

3 Met behulp van software worden kalfjes met het beste genotype geselecteerd en gebruikt voor het fokken.

8 Hemofilie is een erfelijke aandoening waarbij het bloed niet goed stolt. Bij hemofilie kunnen de levercellen bepaalde eiwitten niet aanmaken. Dat komt door een foutje in het DNA. Onderzoekers denken dat ze mensen met hemofilie kunnen helpen met gentherapie. In het laboratorium wordt het juiste stukje DNA ingebracht in een virus. Het virus wordt via een infuus toegediend in de arm. Het virus brengt het stukje DNA naar de levercellen. Daarna werken de levercellen weer goed.
Met deze behandeling krijgen alleen de levercellen het juiste stukje DNA.

a Leg uit waarom het DNA in de andere lichaamscellen niet hoeft te worden gerepareerd.

b Leg uit waarom de onderzoekers een virus gebruiken dat zich niet kan vermenigvuldigen.

c De onderzoekers verwachten dat deze behandeling na enkele jaren weer moet worden herhaald.
Leg uit waarom herhaling van de behandeling nodig is.

d Hemofilie is een erfelijke ziekte.
Leg uit of de behandeling kan voorkomen dat iemand met hemofilie de ziekte doorgeeft aan het nageslacht.

9 Schrijf een betoog voor een webforum over genetische modificatie. Gebruik daarbij de aanwijzingen in afbeelding 8.
Leg in je betoog uit of je het eens of oneens bent met de volgende stelling: 'Genetische modificatie is noodzakelijk voor de toekomst van de mens.'

Afb. 8

Een betoog schrijven

1. Verzamel argumenten voor en tegen een stelling.
2. Bepaal je eigen mening over de stelling (ben je voor of tegen de stelling?). Probeer anderen te overtuigen van je mening in een betoog. In dit betoog geef je drie argumenten die je mening onderbouwen.
3. Schrijf je betoog in drie delen: de inleiding, de kern en het slot.
4. De inleiding omvat ongeveer drie tot vier regels. Hierin schrijf je waarover je betoog gaat. Als laatste vermeld je in de inleiding de stelling die je gaat verdedigen.
5. De kern bestaat uit ongeveer twaalf tot achttien regels. Hierin geef je de drie argumenten waarmee je anderen gaat overtuigen van jouw mening. Bij elk argument begin je op een nieuwe regel. Elk argument dat je geeft, begin je met 'Ten eerste', 'Ten tweede' of 'Ten derde'.
   In het laatste stuk van de kern noteer je een tegenargument dat tegen jouw argumenten ingaat. Je legt uit waarom dit tegenargument niet opweegt tegen alle argumenten die jouw standpunt onderbouwen. Dit laatste stuk van de kern begin je met 'Ten slotte'.
6. Het slot omvat ongeveer drie tot vier regels. Begin de eerste zin onder het kopje Slot met 'Kortom', geef dan nogmaals kort je mening met de drie argumenten.

+ 10 Loch Ness is een groot, diep meer in Schotland. Een legende vertelt dat in het meer een monster leeft. Sinds het jaar 565 zijn er al duizend meldingen gedaan door mensen die denken dat ze het monster hebben gezien.
Wetenschappers hebben onlangs met eDNA aangetoond dat er geen monster in het meer leeft.

a Leg uit waarom de onderzoekers eDNA hebben onderzocht.

b Bij het onderzoek vonden de onderzoekers ook DNA van mensen, honden, schapen en vossen.
Verklaar dat ook het DNA van landdieren is gevonden in het water.

c eDNA wordt onder andere gebruikt om te onderzoeken welke dieren voorkomen in plassen en meren. In het water wordt DNA binnen enkele dagen tot een maand afgebroken.
Leg uit dat onderzoekers daardoor nauwkeuriger kunnen vaststellen welke dieren in het water voorkomen.

d Leg uit dat het onderzoeken van eDNA in stilstaand water betere resultaten oplevert dan in stromend water.

SAMENHANG wetenschap

DE STRIJD TEGEN MALARIA

Malaria komt oorspronkelijk vooral in (sub)tropische gebieden voor. In Nederland komt malaria alleen voor bij mensen die de ziekte in het buitenland hebben opgelopen.
Malaria wordt veroorzaakt door de parasiet *Plasmodium*, een eencellig organisme. De parasiet komt voor in malariamuggen. De vrouwtjes van deze muggen steken om bloed op te zuigen waarmee ze hun eitjes voeden. Daarbij kan de parasiet in je lichaam terechtkomen. Mensen met malaria worden ernstig ziek. Elk jaar gaan wereldwijd ongeveer 400 000 mensen dood aan malaria.
Onderzoekers proberen met behulp van biotechnologie deze ziekte te bestrijden. Zo heeft een groep Amerikaanse biologen met behulp van crispr-cas een eiwit van de malariamug veranderd. Daardoor kan de parasiet niet meer binnendringen in het lichaam van de muggen.
Een ander onderzoek richt zich op het aanpassen van het allel dat bepaalt of een mug een mannetje of een vrouwtje wordt. De mannetjes veranderen daardoor niet. Vrouwtjes met één aangepast allel veranderen ook niet. Maar vrouwtjes met twee aangepaste allelen steken niet en leggen geen eitjes.
Met behulp van crispr-cas kregen de muggen nog een andere aanpassing die *gene drive* of gendruk wordt genoemd. Door deze aanpassing krijgen nakomelingen altijd twee aangepaste allelen.

Afb. 9 De malariamug.

11 Lees de tekst ‘De strijd tegen malaria’.

a Malaria wordt veroorzaakt door een eencellige parasiet.
Leg uit dat deze parasiet alleen in het lichaam van een mens kan komen via de speekselklieren van de malariamug.

b Bij het eerste onderzoek dat wordt beschreven, hebben biologen een allel aangepast dat een eiwit maakt dat de parasiet gebruikt om het lichaam van de malariamug binnen te dringen.
Leg uit waarom de onderzoekers juist dit eiwit hebben aangepast.

c De muggen die bij het eerste onderzoek een aangepast allel kregen, namen minder bloed op, ontwikkelden zich langzamer en waren minder vruchtbaar dan malariamuggen die niet waren aangepast.
Leg uit dat dit een nadeel is bij de bestrijding van malaria.

d Wetenschappers zijn al langer in staat om een allel op één chromosoom aan te passen.
Hoe groot is de kans dat een nakomeling dit aangepaste allel krijgt? .....

e Bij het tweede onderzoek dat wordt beschreven, werd gebruikgemaakt van *gene drive*. Hierdoor kregen malariamuggen op beide chromosomen van een chromosomenpaar een aangepast allel.
Hoe groot is de kans dat een nakomeling het aangepaste allel krijgt? .....

f Is het aangepaste allel zwakker of sterker dan het niet-aangepaste allel? Leg je antwoord uit.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

Samenhang

BRUINE ANOLIS ZIET WIT VAN CRISPR

Hij wordt ook wel de ‘Amerikaanse kameleon’ genoemd. De bruine anolis, oftewel *Anolis sagrei*, is niet echt een kameleon, maar kan wel van kleur veranderen als hij het koud heeft of als hij gestrest is. Wetenschappers is het nu gelukt om *witte* babyanolissen geboren te laten worden.

SCHUTKLEUR

De bruine anolis is (als hij niet gestrest is) een lichtbruin tot grijs hagedisje. Mannetjesanolissen hebben een uitrolbare, gele tot oranjerode flap onder hun keel hangen waarmee ze indringers kunnen afschrikken of vrouwtjes kunnen verleiden (zie afbeelding 1). Volwassen mannetjes wegen zes tot acht gram; vrouwtjes wegen de helft. Oorspronkelijk komen bruine anolissen uit Cuba en de Bahama’s. Ze leven daar vooral op de grond en in struiken, maar in een boom klimmen gaat ze ook prima af. Door hun schutkleur zijn ze moeilijk te herkennen voor belagers, zoals slangen en ratten. In nieuwe gebieden passen bruine anolissen zich zo gemakkelijk aan, dat ze soms zelfs lokale soorten verdrijven. Als ze het koud hebben of gestrest zijn, worden bruine anolissen een aantal tinten donkerder, tot pikzwart toe.

Afb. 1 Een bruine anolis met keelflap.

LANGEPOTENMYSTERIE

Het was niet de bedoeling van de wetenschappers om zomaar een anolis met een gekke kleur te kweken. Met hun ingreep wilden ze meer inzicht krijgen in de snelle aanpassing van anolissen aan nieuwe leefgebieden. In gebieden met veel bos kregen bruine anolissen bijvoorbeeld binnen een paar maanden langere poten dan gemiddeld. Was dat misschien te danken aan speciaal anolis-DNA? Normaal gesproken is dat te testen door bepaalde genen aan of uit te zetten bij embryo’s. Alleen was dat bij anolissen tot dan toe nog nooit gelukt, doordat het moeilijk is om te bepalen wanneer eitjes precies bevrucht zijn en waar ze zich dan precies in de eileiders bevinden.

De wetenschappers besloten de gok te wagen: ze namen een aantal vrouwtjesanolissen, maakten een klein sneetje zodat ze bij een doorzichtig vlies over de eierstok konden, en spoten een bekend crispr-cas-mengsel in de follikels. Normaal gesproken rijpen er vier tot zes eitjes tegelijkertijd in een eierstok. Na de injectie van de eitjes lijmden de wetenschappers het sneetje dicht met speciale hechtlijm en herhaalden ze de ingreep bij de andere eierstok. Het mengsel dat de wetenschappers hadden gekozen, bevatte een cas-enzym dat het tyrosinasegen (Tyr-gen) op chromosoom 3 kapot knipt. Tyrosinase is een enzym dat betrokken is bij de aanmaak van melanine. Ze kozen juist dit gen, omdat het effect van zo’n mutatie duidelijk aan de buitenkant te zien is en de mutatie niet dodelijk is. Omdat tyrosinase ook betrokken is bij de ontwikkeling van de gele vlek, geeft een mutatie in het Tyr-gen ook inzicht in het ontstaan van oogproblemen.

ALBINOBABYBOOM

De wetenschappers hadden succes: binnen anderhalve maand kwamen er negen babyanolissen met mutaties in het Tyr-gen uit het ei gekropen. Vier van de diertjes waren albino (zie afbeelding 2), vijf waren normaal gekleurd maar bleken wel de mutatie in een van de allelen te hebben. De follikel-inspuitmethode was dus geschikt om genen uit te zetten.

Hoe het verder is gegaan met de albinoanolissen? Kleine kans dat ze in het wild zijn uitgezet; daar zouden ze niet lang overleven. In een dierenwinkel zouden ze wel een goede kans maken. Bij reptielenliefhebbers zijn albinogekko's namelijk ook erg populair. Die zijn echter niet ontstaan door geknutsel met crispr-cas, maar gewoon uit een kruising tussen twee gekleurde ouders in het wild. Misschien lukt dat in het lab ook wel: twee van de proefanolissen hebben inmiddels jongen gekregen mét dezelfde mutatie.

Afb. 2 Een albino bruine anolis.

OPDRACHTEN

1 Om albinoanolissen te maken, sleutelden wetenschappers aan het tyrosinasegen.

a Is Tyr het enige gen dat een rol speelt bij het ontstaan van de kleur van bruine anolissen? Leg je antwoord uit.

b Waarom mag je Tyr niet 'het gen voor een bruine kleur' noemen?

c Mag je een kapot Tyr-gen 'het gen voor een albinoanolis' noemen? Leg je antwoord uit.

2

a Welke vorm van crispr-cas pasten de wetenschappers toe?
aanpassen van basenparen / *basen eruit knippen*
Het Tyr-gen werd hierdoor *actief* / *inactief*.

b Albinoanolissen zijn *heterozygoot* / *homozygoot* voor de wijziging in het Tyr-gen.

c Welk allel van Tyr is het sterkst: het allel dat informatie bevat voor de aanmaak van tyrosinase of het gemuteerde allel?

d Is de crispr-cas-wijziging bij een anolis waarbij maar een van de Tyr-allelen is aangepast, zichtbaar in het fenotype?

3

a De mutatie in het Tyr-allel van albinoanolissen afkomstig van de vader vond plaats *voor* / *na* de meiose en *voor* / *na* de bevruchting.

b Is de crispr-cas-mutatie in het Tyr-gen een erfelijke wijziging? Leg je antwoord uit.

c De bruine anolis heeft 28 chromosomen per lichaamscel.
In hoeveel van deze chromosomen is de crispr-cas-mutatie aanwezig bij albinoanolissen? Leg je antwoord uit.

4

a Albinoanolissen hebben een *hogere* / *lagere* overlevingskans dan gewone bruine anolissen.

b Welke DNA-techniek is geschikt om na te gaan welke bruingekleurde anolissen een mutatie hebben in een van de Tyr-allelen?

- ○ A crispr-cas
- ○ B DNA-test
- ○ C eDNA
- ○ D genetische modificatie
- ○ E synthetische biologie

c Door wat voor mutatie is albinisme bij gekko's waarschijnlijk ontstaan?

- ○ A asbest
- ○ B sigarettenrook
- ○ C spontane mutatie
- ○ D straling

d Kun je bij een baby-albinoanolis al zien welk effect de mutatie op de kleur van de huidflap heeft?

5

a Is albinisme als gevolg van een ingreep met crispr-cas een nieuwe eigenschap voor reptielen? Leg je antwoord uit.

b Bevat het DNA van de albinoanolissen nieuwe informatie ten opzichte van het DNA van bruingekleurde anolissen?

c Is het kweken van albinoanolissen in het lab een vorm van natuurlijke selectie?

6

a Albinomensen met een kapot Tyr-gen hebben vaak ook een afwijking aan de gele vlek.
Wat voor probleem hebben ze bij het waarnemen van een object?

b Leg uit hoe anolissen door genexpressie langere poten zouden kunnen krijgen.

c Crispr-cas toepassen bij geslachtscellen is gemakkelijker bij organismen met *inwendige* / *uitwendige* bevruchting.

d Geef een argument tegen het verkopen van door crispr-cas gekweekte albinoanolissen in de dierenwinkel.

8 Dominant en recessief

LEERDOEL

5.8.15 Je kunt omschrijven wat dominant en recessief betekenen.

► Practicum 3

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	5.8.15	5.3.6*
Onthouden		
Begrijpen	1a, 3a	
Toepassen	1b, 2, 3bcd	3d
Analyseren	1c	1c

* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.

Een allelenpaar kan twee gelijke of twee ongelijke allelen bevatten voor een bepaalde erfelijke eigenschap. Bij een ongelijk allelenpaar komt het sterkste allel tot uiting in het fenotype.

HOMOZYGOOT EN HETEROZYGOOT

In afbeelding 1 zie je dat mensen homozygoot kunnen zijn voor de haarvorm. Bijvoorbeeld: twee allelen voor steil haar of twee allelen voor krullend haar. Iemand kan ook heterozygoot zijn voor een eigenschap. Dan heeft diegene voor die eigenschap een ongelijk allelenpaar. Bijvoorbeeld: een allel voor krullend haar en een allel voor steil haar.

Afb. 1 Homozygoot en heterozygoot.

1 homozygoot voor steil haar

2 homozygoot voor krullend haar

3 heterozygoot voor de haarvorm

DOMINANT EN RECESSIEF

Personen die heterozygoot zijn voor de haarvorm, bezitten zowel het allel voor steil haar als het allel voor krullend haar. Deze personen blijken krullend haar te hebben. Slechts een van beide allelen komt tot uiting in het fenotype. We noemen dit allel het **dominante allel**. Het andere allel noemen we het **recessieve allel**. Dit allel komt niet tot uiting in het fenotype als in het andere chromosoom van het chromosomenpaar een dominant allel aanwezig is. Het dominante allel is als het ware ‘sterker’ dan het recessieve allel.

De vachtkleur bij runderen kan rood of zwart zijn (zie afbeelding 2). Als bekend is dat de zwarte stier heterozygoot is voor de vachtkleur, weet je dat het allel voor een zwarte vachtkleur dominant is. De stier heeft immers een allel voor rode en een allel voor zwarte vachtkleur, maar het fenotype is een zwarte vachtkleur. Alleen het allel voor de zwarte vachtkleur komt tot uiting in het fenotype, dus het allel voor zwarte vachtkleur is dominant.

Hieruit kun je nu ook afleiden dat de rode stier homozygoot is voor de vachtkleur, want als de rode stier één dominant zwart allel zou hebben, zou de stier zwart zijn. Ook als alleen bekend is dat de rode vachtkleur recessief is, weet je dat de rode stier homozygoot is voor de vachtkleur. Bij de zwarte stier weet je dit niet; deze kan homozygoot of heterozygoot zijn voor de vachtkleur.

Afb. 2 Runderen.

1 homozygoot roodharig

2 homozygoot of heterozygoot zwartharig?

GENSYMBOLEN

Allelen geef je aan met letters. Voor één erfelijke eigenschap gebruik je één letter. Een dominant allel wordt aangegeven met een hoofdletter, een recessief allel met een kleine letter. Bijvoorbeeld: een persoon die homozygoot is voor krullend haar (dominant), geef je aan met AA, een persoon die homozygoot is voor steil haar (recessief) met aa en een persoon die heterozygoot is voor de haarvorm met Aa. Je kunt ook een andere letter gebruiken, bijvoorbeeld BB, bb en Bb. Het best is steeds letters te gebruiken waarvan de hoofdletter en de kleine letter duidelijk van vorm verschillen (dus bijvoorbeeld niet de P en de p, maar wel de R en de r).

OPDRACHTEN

1 Sommige mensen moeten niezen als ze ineens in fel licht kijken, zoals de jongen in afbeelding 3. Ongeveer een kwart van de mensen op aarde heeft hier last van. De precieze werking van deze reflex is nog onbekend. De jongen in de afbeelding heeft voor de niesreflex het genotype Dd.

a Is de jongen heterozygoot of homozygoot voor de niesreflex?
heterozygoot / homozygoot

b Welk allel is dominant? *het allel voor niezen bij in fel licht kijken / het andere allel*

c Hebben de ouders van de jongen ook een niesreflex als ze in fel licht kijken?

- ○ A Ja, zeker beide ouders.
- ○ B In elk geval een van de ouders.
- ○ C Nee, geen van beide ouders.

Afb. 3 Jongen niest bij het zien van fel licht.

2 Lees de tekst ‘Wie is wie?’ in afbeelding 4.

a Leid uit het fenotype van Philip af of de allelen voor donker haar en een huidtype met sproeten dominant of recessief zijn.
- Het allel voor donker haar is *dominant* / *recessief*.
- Het allel voor een huidtype met sproeten is *dominant* / *recessief*.

b Welke naam hoort bij de foto?

A Foto 2 ○ ○ 1 Marloes

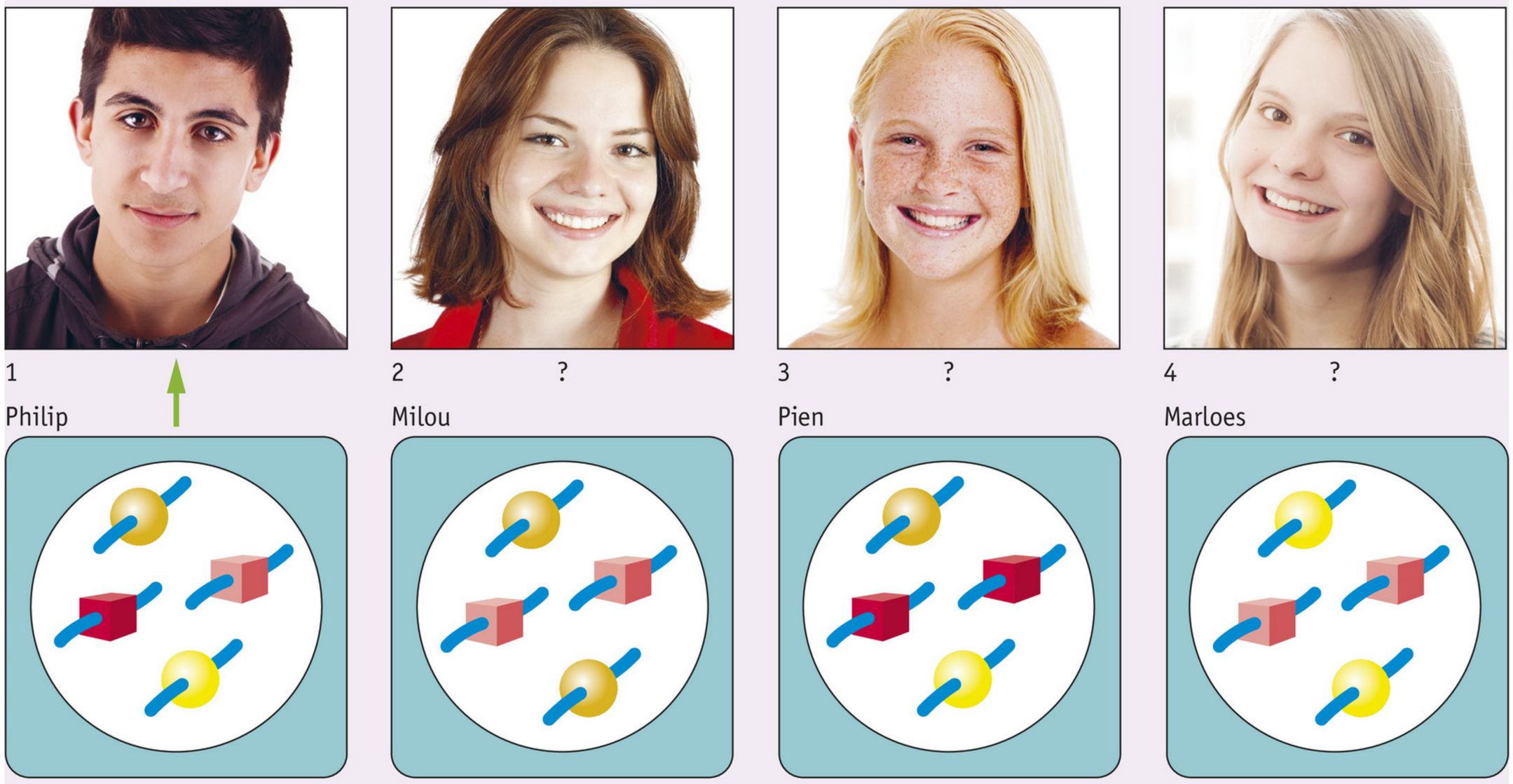
B Foto 3 ○ ○ 2 Milou

C Foto 4 ○ ○ 3 Pien

Afb. 4

Wie is wie?

Op de foto’s zie je de fenotypen van vier personen, met variatie in huidtype en haarkleur. Het huidtype kan met of zonder sproeten zijn en de haarkleur kan donker of blond zijn (zie foto 1 en 3). Onder de foto’s zie je de lichaamscellen van deze personen schematisch getekend. Van Philip is zowel het genotype als het fenotype weergegeven voor deze twee eigenschappen, maar van Marloes, Milou en Pien is alleen het genotype bekend. Wie is wie op foto 2, 3 en 4?



allel voor blond haar

allel voor donker haar

allel voor huidtype zonder sproeten

allel voor huidtype met sproeten

3 Een van de eerste genetische experimenten werd gedaan door de Oostenrijkse monnik Gregor Mendel. Hij kruiste erwtenplanten met elkaar. Hij kweekte gerimpelde en ronde erwten (zie afbeelding 5). De vorm heeft te maken met de aanmaak van koolhydraten. Gerimpelde erwten bevatten meer suiker en minder zetmeel dan ronde erwten. Daardoor drogen ze uit als ze rijpen. Gerimpelde erwten zijn zoeter dan ronde erwten.

a Bij erwten is het allel voor een gerimpelde erwt (r) recessief ten opzichte van het allel voor een ronde erwt (R).
Kan erwt 1 homozygoot zijn voor de vorm? En heterozygoot?

b Wat is het genotype van erwt 1? .....

c Kan erwt 2 homozygoot zijn voor de vorm? En heterozygoot?

d De stuifmeelkorrel waaruit erwt 2 is ontstaan, bevatte het allel r.

Welk allel bevatte de eicel? .....

Afb. 5 Een gerimpelde en een ronde erwt.

1 2

Ga naar de *Flitskaarten*.

9 Kruisingen

LEERDOEL

5.9.16 Je kunt een kruisingsschema opstellen en daaruit de kans op een bepaald genotype bij de nakomelingen van de kruising afleiden.

TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	5.9.16
Onthouden	
Begrijpen	1ab
Toepassen	1cde, 2, 3
Analyseren	

In de erfelijkheidsleer worden vaak kruisingen uitgevoerd om de overerving van eigenschappen te bestuderen. Bij een kruising planten twee organismen die in een of meer eigenschappen van elkaar verschillen zich geslachtelijk voort.

EEN KRUISING

Bij kruisingen waarbij wordt gelet op de overerving van één erfelijke eigenschap, wordt gekeken naar slechts één allelenpaar. Veel kruisingen beginnen met ouders waarvan de een homozygoot dominant en de ander homozygoot recessief is voor een bepaalde eigenschap. Je geeft deze ouders aan met de letter P (van het Latijnse *parentes* = ouders). De nakomelingen worden aangegeven met F_1 (van het Latijnse *filii* = kinderen). Bij veel kruisingen planten de individuen in de F_1 zich onderling voort. Hieruit ontstaat een tweede generatie nakomelingen, die wordt aangegeven met F_2.

Bij labradors is het allel voor zwarte vachtkleur (A) dominant over het allel voor gele vachtkleur (a). Een zwartharig vrouwtje dat homozygoot is voor de vachtkleur, paart een aantal keren met een geelharig mannetje. De dieren in de F_1 planten zich onderling voort. Welke vachtkleur kunnen de labradors in de F_2 hebben? Hoe groot is de kans voor elke vachtkleur?
Dit kruisingsvraagstuk kun je in stappen oplossen.

Stap 1 Wat zijn de genotypen van de dieren die onderling worden gekruist?

De ouders (P) worden onderling gekruist. Het vrouwtje is homozygoot zwartharig. Het genotype van het vrouwtje is dus AA. Het mannetje is geelharig. Het allel voor gele vachtkleur is recessief. Het genotype van het mannetje is dus aa.
De kruising is dan: AA × aa.

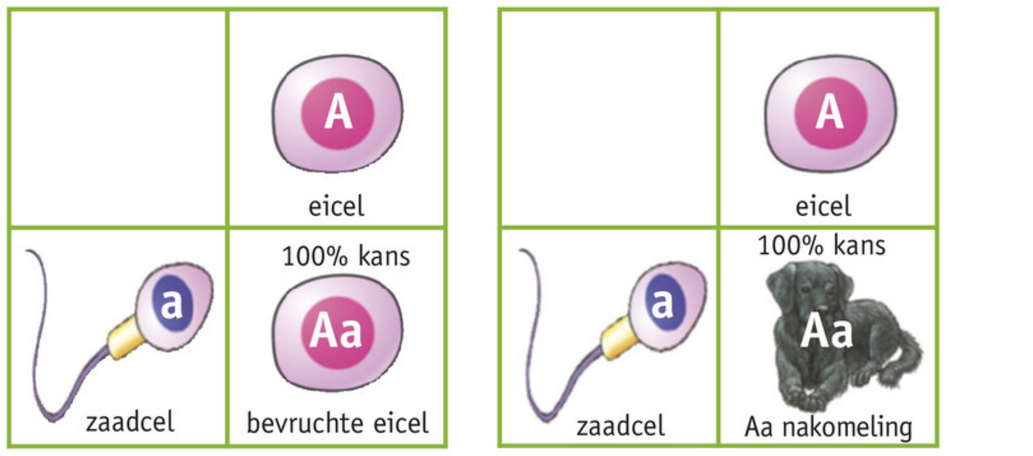
Stap 2 Welke allelen kunnen de geslachtscellen van beide ouders bevatten?

In geslachtscellen komt van elk allelenpaar één allel voor. Het genotype van het vrouwtje is AA. Elke eicel die het vrouwtje produceert, bevat het allel A. Het genotype van het mannetje is aa. Elke zaadcel die het mannetje produceert, bevat het allel a.

Stap 3 Welke mogelijkheden bestaan er voor de versmelting van een eicelkern met een zaadcelkern?

Bij bevruchting versmelt de kern van een eicel (met allel A) met de kern van een zaadcel (met allel a). Het genotype van de bevruchte eicel is dan Aa. De nakomeling die zich uit deze bevruchte eicel ontwikkelt, heeft als genotype Aa (zie afbeelding 1.1). Deze nakomeling is zwartharig (zie afbeelding 1.2). Andere mogelijkheden voor de versmelting van een eicelkern met een zaadcelkern zijn er bij deze kruising niet. Alle dieren in de F_1 zijn heterozygoot zwartharig (Aa).

Afb. 1 Genotype en fenotype van de F_1.



1 genotype van de F_1 2 genotype en fenotype van de F_1

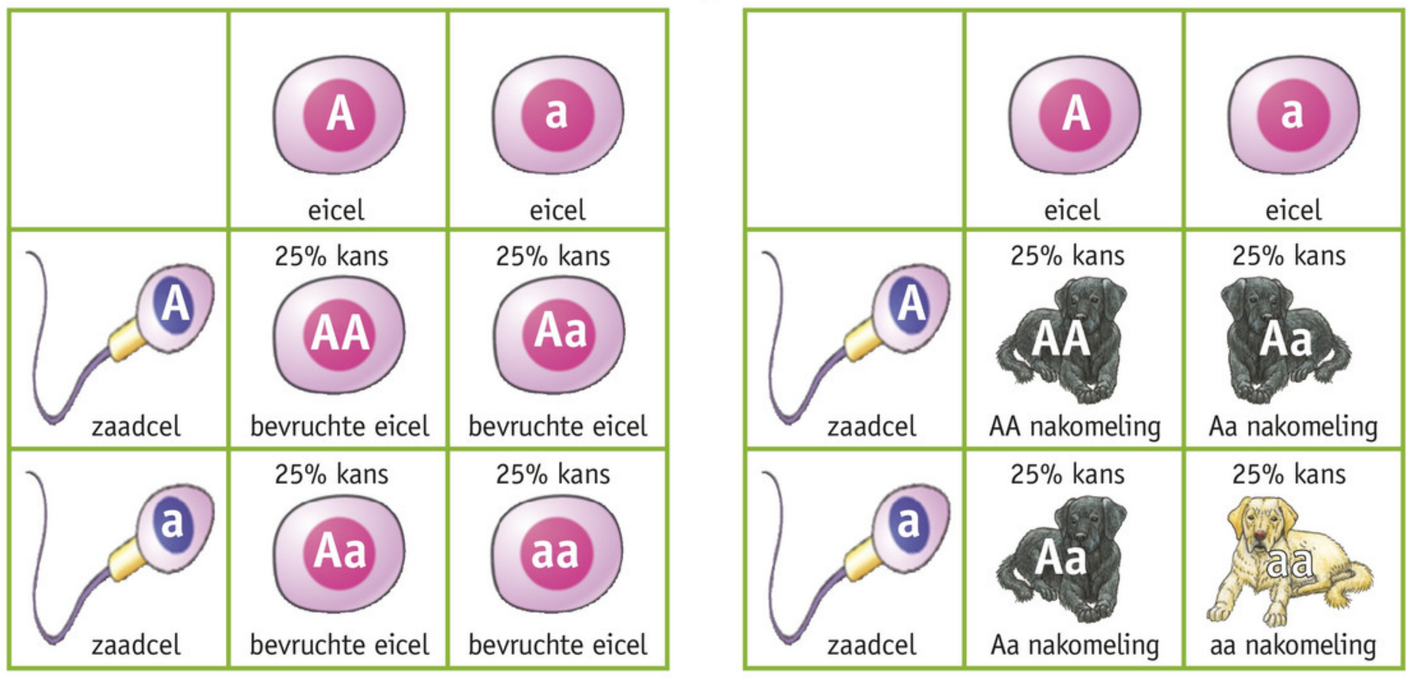
De individuen in de F_1 planten zich onderling voort. Herhaal dan de stappen 1, 2 en 3 van de kruising van de ouderdieren (P).

Stap 1 Wat zijn de genotypen van de dieren die onderling worden gekruist?
De genotypen van de F_1 die onderling worden gekruist zijn nu Aa × Aa.

Stap 2 Welke allelen kunnen de geslachtscellen van beide ouders (F_1) bevatten?
Nu zijn er twee mogelijkheden voor de geslachtscellen van elk individu.
Bij het mannetje van de F_1 kunnen de zaadcellen A of a bevatten.
Bij het vrouwtje van de F_1 kunnen de eicellen A of a bevatten.

Stap 3 Welke mogelijkheden bestaan er voor de versmelting van een eicelkern met een zaadcelkern?
In de schema's van afbeelding 2 zie je welke mogelijkheden er nu zijn bij de bevruchte eicellen en bij de nakomelingen in de F_2.

Afb. 2 Genotypen en fenotypen van de F_2.



1 genotypen van de F_2 2 genotypen en fenotypen van de F_2

Je ziet dat er bij de F_2 vier mogelijkheden zijn voor de samensmelting van een eicelkern met een zaadcelkern. Elke mogelijkheid heeft een even grote kans om voor te komen. De kans voor elke mogelijkheid is een vierde of 25%.

KRUISINGSSCHEMA

Het complete kruisingsschema wordt nu:

P	AA	×	aa
geslachtscellen	A		a
F_1		Aa	
	Aa	×	Aa
geslachtscellen	A of a		A of a

F_2

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

OPDRACHTEN

1 Bij runderen is het allel voor een bonte vacht (H) dominant over het allel voor een egale vacht (h). Een koe met bonte vacht die homozygoot is voor de vachtkleur, wordt een aantal keren gekruist met een stier met een egale vacht (zie afbeelding 3). De nakomelingen in de F_1 planten zich onderling voort, waardoor een F_2 ontstaat.

a Wat zijn de genotypen van de ouders?

koe: .....

stier: .....

b Welke allelen kunnen de geslachtscellen van de ouders bevatten?

c Welke mogelijkheden bestaan er voor de versmelting van een eicelkern met een zaadcelkern?

- ○ A alleen HH
- ○ B alleen Hh
- ○ C alleen hh
- ○ D hh en HH
- ○ E Hh en HH
- ○ F hh, Hh en HH

d Vul het kruisingsschema in.

P ..... × .....

geslachtscellen ....

F_1 .....

× .....

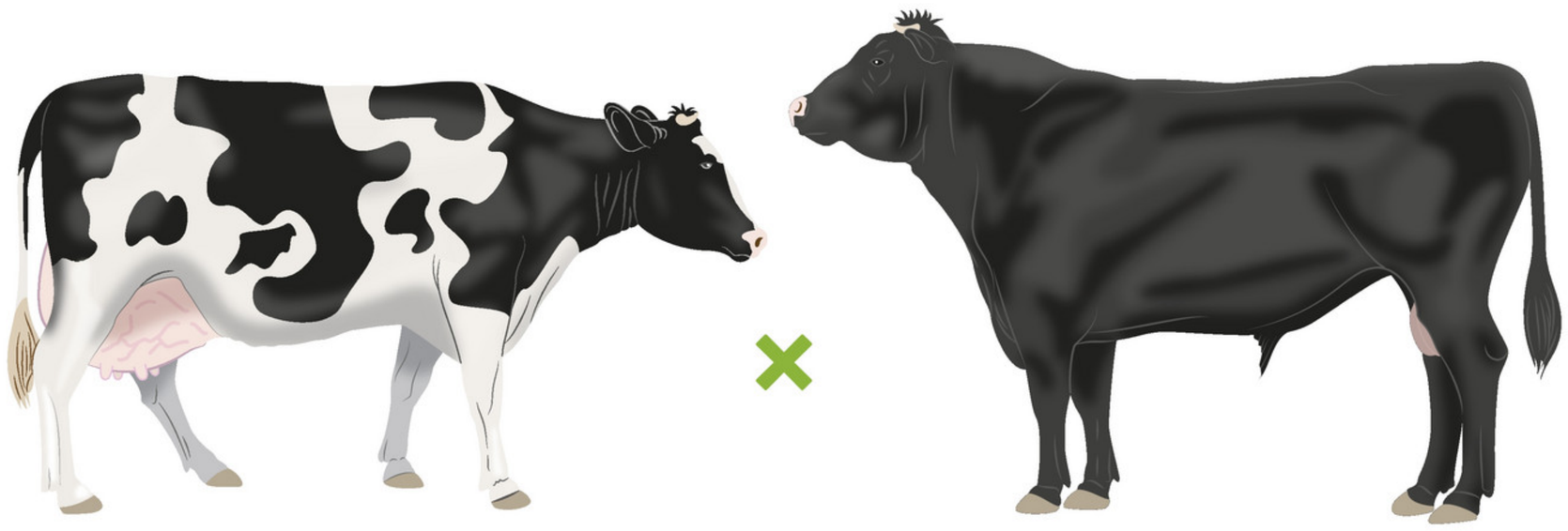
geslachtscellen ..... of .... of .....

F_2

e Gebruik bij de volgende vragen het kruisingsschema dat je hebt ingevuld bij vraag d.

- Hoe groot is de kans dat een nakomeling in de F_1 heterozygoot is voor het vachttype?
  0% / 25% / 50% / 75% / 100%
- Hoe groot is de kans dat een nakomeling in de F_1 homozygoot is voor het vachttype?
  0% / 25% / 50% / 75% / 100%
- Hoe groot is de kans dat een nakomeling in de F_2 heterozygoot is voor het vachttype?
  0% / 25% / 50% / 75% / 100%
- Hoe groot is de kans dat een nakomeling in de F_2 homozygoot is voor het vachttype?
  0% / 25% / 50% / 75% / 100%
- Hoe groot is de kans dat de eerste nakomeling in de F_1 een bonte vacht heeft?
  0% / 25% / 50% / 75% / 100%
- Hoe groot is de kans dat de eerste nakomeling in de F_1 een egale vacht heeft?
  0% / 25% / 50% / 100%
- Hoe groot is de kans dat de eerste nakomeling in de F_2 een bonte vacht heeft?
  0% / 25% / 50% / 75% / 100%
- Hoe groot is de kans dat de eerste nakomeling in de F_2 een egale vacht heeft?
  0% / 25% / 50% / 75% / 100%
- Is deze kans even groot voor de tweede nakomeling in de F_2? *ja / nee*
- Welk(e) vachttype(n) hebben de nakomelingen in de F_1?
  bonte vacht / egale vacht / bonte of egale vacht
- Welk(e) vachttype(n) hebben de nakomelingen in de F_2?
  bonte vacht / egale vacht / bonte of egale vacht

Afb. 3 Kruising.



2 Lees de tekst ‘Spierziekte’ in afbeelding 4.
Met een kruisingsschema kun je berekenen hoe groot de kans is dat een kind van Guus en Maaike een ernstige ziekte krijgt.

a Vul het kruisingsschema in van Guus en Maaike.

P	.....	×	.....
geslachtscellen	.....		.....

F_1

b Hoe groot is de kans dat hun kind de spierziekte heeft?
0% / 25% / 50% / 75% / 100%

c Hoe groot is de kans dat hun kind drager zal zijn van de spierziekte?
0% / 25% / 50% / 75% / 100%

d Hoe groot is de kans dat het SMA-allel niet voorkomt in het genotype van hun kind?
0% / 25% / 50% / 75% / 100%

Afb. 4

Spierziekte
Bij Guus en Maaike komt in beide families SMA voor. SMA is een ongeneeslijke ziekte die bewegingszenuwcellen in het ruggenmerg doet afsterven, waardoor spieren minder goed kunnen functioneren. De spierziekte SMA is erfelijk en wordt veroorzaakt door een recessief allel (r). Iemand die heterozygoot is voor deze ziekte, heeft de ziekte niet maar is wel drager van het SMA-allel. Uit DNA-onderzoek blijkt dat Guus en Maaike beiden drager zijn van het SMA-allel. Ze willen graag kinderen, maar willen eerst weten hoe groot de kans is dat hun kind SMA zal krijgen.

3 Gebruik bij deze opdracht nogmaals de tekst ‘Spierziekte’ in afbeelding 4.
Van een ander ouderpaar is alleen de vader drager van het SMA-allel, de moeder draagt het allel niet in zich.

a Vul het kruisingsschema in van deze ouders.

P	.....	×	.....
geslachtscellen	.....		.....

F_1

b Moeten deze ouders zich zorgen maken of hun kind de ziekte heeft? *ja / nee*

c Hoe groot is bij hen de kans op een kind dat drager is van de spierziekte?
0% / 25% / 50% / 75% / 100%

Ga naar de *Flitskaarten*.

Leren onderzoeken

1 EEN ONDERZOEK MONDELING PRESENTEREN

► Basisstof 7 | ► Leerdoel 5.0.17

Onderzoekers delen hun onderzoeksresultaten met elkaar om samen verder te komen. Dit kunnen ze doen met een schriftelijke of mondelinge presentatie. Bij een mondelinge presentatie vertel je anderen over je onderzoek en je resultaten. Vaak doe je dit met behulp van een diapresentatie, bijvoorbeeld PowerPoint. Wanneer je een diapresentatie gebruikt, houd je de volgorde aan die je in afbeelding 1 ziet. Op de dia's schrijf je niet alles uit, maar gebruik je steekwoorden, afbeeldingen, tekeningen en schema's. Op deze manier ondersteunen de dia's jouw verhaal.

Meestal moet je binnen een bepaalde tijd je onderzoek presenteren. Je moet dan bijvoorbeeld in tien of twintig minuten je verhaal vertellen. Daarom geef je bij een mondelinge presentatie alleen de belangrijkste informatie over je onderzoek. Dit is anders dan bij een schriftelijke presentatie, want daarin schrijf je je onderzoek zo uitgebreid mogelijk op.

Afb. 1

Een presentatie maken van een onderzoek

1 Vermeld de titel van je onderzoek op de eerste dia. Zet onder de titel je naam en de naam of namen van degenen met wie je hebt samengewerkt.
2 Geef een inleiding van je onderzoek. Vertel welk probleem je wilde onderzoeken. Geef eventueel extra uitleg over het onderwerp. Gebruik hiervoor één of twee dia's.
3 Daarna deel je de presentatie in volgens de stappen van een onderzoek:
   - Onderzoeksvraag
   - Hypothese (als je die hebt)
   - Benodigdheden
   - Werkplan
   - Resultaten
   - Conclusie
   - Discussie

   Elke stap krijgt een aparte dia. Wanneer je bij je resultaten een tabel of grafiek hebt, maak je die zo groot mogelijk. Dan kan je publiek het goed zien. Elke tabel en grafiek krijgt een eigen dia.
4 Als je bronnen hebt gebruikt, maak je een literatuurlijst op de laatste dia.

OPDRACHT

1 Je gaat zelf een literatuuronderzoek bedenken, uitvoeren en mondeling presenteren. Je kunt kiezen uit de volgende onderwerpen:

- crispr-cas (of een andere DNA-techniek)
- geslachtschromosomen bij vogels
- kanker (bijvoorbeeld borstkanker, darmkanker of zaadbalkanker)
- sikkelcelanemie
- syndroom van Down

Als je een ander onderwerp wilt kiezen, overleg dit dan met je docent.
Voer je onderzoek als volgt uit:

- Formuleer de onderzoeksvraag en de deelvragen.
- Maak een werkplan. In het werkplan staat:
  - wat voor bronnen je gaat raadplegen;
  - waar je de bronnen gaat zoeken.
- Laat je docent de onderzoeksvraag, de deelvragen en het werkplan controleren. Voer het onderzoek uit volgens het werkplan.
- Schrijf per deelvraag de resultaten op.
- Formuleer een conclusie die antwoord geeft op de onderzoeksvraag.
- Schrijf een discussie.
- Maak een diapresentatie van je onderzoek. Gebruik zo min mogelijk hele zinnen en zo veel mogelijk steekwoorden, afbeeldingen, tekeningen en schema's.
- Bereid voor wat je bij elke dia precies wilt vertellen. Maak eventueel een spiekbriefje met steekwoorden.
- Presenteer je onderzoek aan de klas.

Practica

1 NATUURLIJKE SELECTIE

► Basisstof 5 | ► Leerdoel 5.5.11

30-35 minuten

WAT GA JE DOEN?

In dit practicum boots je natuurlijke selectie binnen een groep organismen na. Hiervoor gebruik je de gebeurtenissen in afbeelding 1. De verandering in samenstelling binnen de groep houd je bij in een tabel.

Afb. 1

Gebeurtenissen per generatie

Gebeurtenis 1
De rode kralen hebben een kenmerk waardoor ze gemakkelijk worden gezien door roofdieren. De kans dat ze lang genoeg leven om nakomelingen te krijgen, is 60%. De overlevingskans van de andere kleuren is 80%.

Gebeurtenis 2
De groep vindt een dichtbegroeid bos om in te leven. De groene kralen hebben een kenmerk waardoor ze in het bos nog minder opvallen. Hierdoor stijgt hun overlevingskans met 10%. Bij de andere kleuren is de overlevingskans hetzelfde gebleven.

Gebeurtenis 3
Door klimaatverandering worden de zomers steeds heter. Hierdoor neemt de overlevingskans voor bijna alle kleuren met 10% af. De gele kralen hebben een kenmerk waardoor ze beter bestand zijn tegen de hitte. Bij deze kleur neemt de overlevingskans niet af.

Gebeurtenis 4
Er is een bosbrand in het leefgebied van de populatie. 50% overleeft deze brand niet.

BENODIGDHEDEN

- ☐ 30 blauwe kralen
- ☐ 30 gele kralen
- ☐ 30 groene kralen
- ☐ 30 rode kralen
- ☐ een rekenmachine

WERKWIJZE

- Leg vijf blauwe, vijf gele, vijf groene en vijf rode kralen bij elkaar. Dit is de eerste generatie van de groep. De samenstelling van deze generatie is al ingevuld in de tabel.

Gebeurtenis 1

- Lees gebeurtenis 1 in afbeelding 1. Bij deze gebeurtenis blijft 60% van de rode kralen in leven.
- Bereken het aantal rode kralen dat in jouw groep blijft leven.
- Haal de andere rode kralen weg.
- Doe hetzelfde voor de andere drie kleuren. Let op: de overlevingskans van de andere kleuren is 80%.

De groep kralen die je overhoudt, is de populatie na gebeurtenis 1. Deze kralen krijgen nakomelingen: per gekleurde kraal komt er één nakomeling bij met dezelfde kleur. De groep wordt dus verdubbeld.

- Verdubbel van elke kleur het aantal kralen in de groep. De kralen die erbij komen, zijn de nakomelingen. De populatie bestaat nu uit twee generaties.
- Noteer in de tabel de samenstelling van de populatie met twee generaties.

Gebeurtenis 2

- Lees gebeurtenis 2 in afbeelding 1. De overlevingskans van een van de kleuren is veranderd.
- Bereken van elke kleur het aantal kralen dat blijft leven na gebeurtenis 2. Rond indien nodig elke uitkomst af naar een geheel getal.
- Haal per kleur de kralen weg die niet blijven leven.

De kralen die nu nog in leven zijn, krijgen weer nakomelingen: één nakomeling per kraal. Je hoeft geen rekening te houden met de twee generaties.

- Voeg de nakomelingen toe aan de populatie. De populatie bestaat nu uit drie generaties.
- Noteer de samenstelling van de populatie in de tabel.

Gebeurtenis 3

- Lees gebeurtenis 3 in afbeelding 1.
- Bereken van elke kleur het aantal kralen dat blijft leven. Rond indien nodig af naar een heel getal en haal de andere kralen weg.
- Voeg de nakomelingen toe en noteer in de tabel de samenstelling van de populatie met vier generaties.

Gebeurtenis 4

- Lees gebeurtenis 4 in afbeelding 1. Nu is de overlevingskans niet per kleur, maar voor de hele groep. De overlevingskans van een kraal is dus niet afhankelijk van zijn kleur.
- Verwijder willekeurig de helft van de kralen uit de groep. Doe dit bijvoorbeeld met je ogen dicht.
- Voeg de nakomelingen toe en noteer in de tabel de samenstelling van de populatie met vijf generaties.

Aantal generaties	Aantal blauwe kralen	Aantal gele kralen	Aantal groene kralen	Aantal rode kralen
1	5	5	5	5
2				
3				
4				
5				

OPDRACHT

1 Leg uit dat bij gebeurtenis 4 geen sprake is van natuurlijke selectie.

2 SCHEDELS VAN KNAAGDIEREN VERGELIJKEN

► Basisstof 6 | ► Leerdoel 5.6.13

20-30 minuten

WAT GA JE DOEN?

In dit practicum vergelijk je de schedels van drie knaagdieren.

BENODIGDHEDEN

- ☐ een schedel van een eekhoorn
- ☐ een schedel van een konijn
- ☐ een schedel van een veldmuis

WERKWIJZE

- Bestudeer de drie verschillende schedels.
- Kijk welke overeenkomsten en welke verschillen je ziet.

OPDRACHT

1

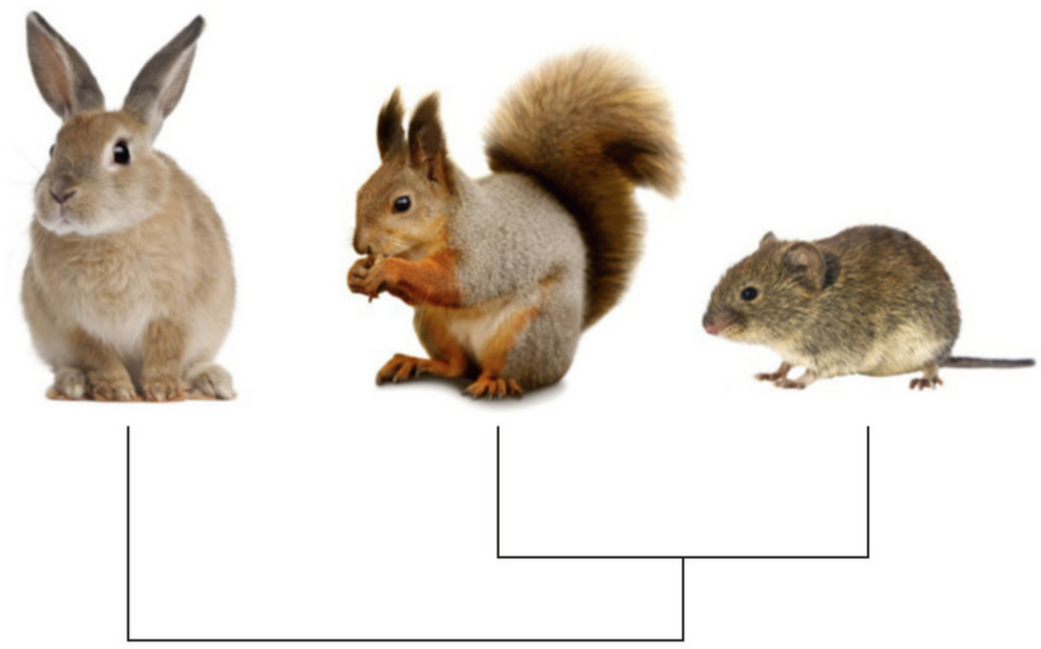
a Welke overeenkomsten heb je gevonden bij alle drie de schedels? Noteer er minstens twee.

b Welke verschillen heb je gevonden tussen de schedels? Noteer er minstens twee.

c Bekijk de stamboom in afbeelding 2.
Welk dier is het meest verwant met de eekhoorn? *konijn* / *veldmuis*

d Komt de verwantschap overeen met de overeenkomsten en verschillen die je hebt gevonden? *ja* / *nee*

Afb. 2 Stamboom.



3 FENOTYPE VOORSPELLEN

► Extra stof 8 | ► Leerdoel 5.8.15

25-35 minuten

WAT GA JE DOEN?

Je docent heeft zes insecten gemaakt uit marshmallows en andere materialen. Elk insect heeft een ander fenotype. In dit practicum bepaal je het genotype van een nakomeling van twee insecten en 'vertaalt' dit naar een fenotype.

BENODIGDHEDEN

- ☐ marshmallows
- ☐ tandenstokers
- ☐ paperclips
- ☐ gele, rode en oranje kralen

WERKWIJZE

- Kies twee insecten uit de groep van zes. Eén insect is een mannetje (genotype XY), het andere een vrouwtje (genotype XX). Je mag zelf bepalen welk insect het mannetje is en welk het vrouwtje.
- Noteer het genotype van de twee insecten. Gebruik hiervoor tabel 1. Ga ervan uit dat jouw insecten homozygoot zijn.
- Noteer het genotype van de nakomeling van je twee insecten. Gebruik hiervoor tabel 1.
- Maak je nakomeling met het juiste fenotype. Gebruik hiervoor de marshmallows, tandenstokers, paperclips en kralen.

Tabel 1 Genotypen en fenotypen.

Genotype	Fenotype
TT of Tt	twee paar vleugels
tt	één paar vleugels
AA of Aa	lange antennes
aa	korte antennes
GG of Gg	lange poten
gg	korte poten
BB	rode ogen
Bb	oranje ogen
bb	gele ogen

OPDRACHT

1

a Voor welke kenmerken is de nakomeling heterozygoot en voor welke homozygoot? Noteer de kenmerken van de nakomeling in de tabel. Gebruik daarbij: *antennes – ogen – poten – vleugels*.

	Kenmerk(en) nakomeling
Homozygoot dominant	
Homozygoot recessief	
Heterozygoot	

b Kun je het geslacht van de nakomeling ook voorspellen? Zo ja, wat is het geslacht? Zo nee, waarom niet?

Samenvatting

BASIS 1

GENOTYPE EN FENOTYPE

1 Je kunt omschrijven wat het genotype en het fenotype zijn.

- Chromosomen zijn dunne ‘draden’ in elke celkern.
  - Ze bestaan voor een groot deel uit de stof DNA.
  - DNA bevat de informatie voor erfelijke eigenschappen.
  - Elke celkern bevat de complete informatie voor alle erfelijke eigenschappen van een organisme.
  - Gen: de stukjes DNA die samen de informatie bevatten voor een erfelijke eigenschap.
- Genotype: de informatie voor de erfelijke eigenschappen van een organisme.
  - Alle genen in een celkern samen vormen het genotype.
  - Het genotype van een organisme ontstaat op het moment van bevruchting.
- Fenotype: de eigenschappen van een organisme, waaronder het uiterlijk.
  - Het fenotype komt tot stand door het genotype en door invloeden uit het milieu (leefstijl en omgeving).

2 Je kunt uitleggen dat cellen alleen de erfelijke informatie gebruiken die ze nodig hebben.

- Genexpressie: een gen komt tot uiting in het fenotype.
  - Een cel gebruikt alleen de genen die hij nodig heeft. De andere genen zijn in deze cel niet actief.
  - Of een gen tot uiting komt, hangt samen met de functie van een cel. Bijv. in levercellen staan de genen voor galproductie aan. In hoofdhuidcellen staan deze genen uit.
  - Genen kunnen aan of uit staan, en hard of zacht staan.

BASIS 2

CHROMOSOMEN

3 Je kunt uitleggen hoe elk van de ouders 50% van de chromosomen levert.

- In lichaamscellen komen de chromosomen in paren voor.
  - De twee chromosomen van een paar bestaan uit dezelfde genen.
  - Bij een mens bevat de kern van elke lichaamscel 23 paren chromosomen.
  - Van elk chromosomenpaar is één chromosoom afkomstig van de moeder en het andere van de vader.
- Genvariant: de informatie op een van de genen van een genenpaar.
  - In lichaamscellen bevatten de twee genvarianten van een gen informatie voor dezelfde erfelijke eigenschap.
  - Deze informatie kan gelijk of ongelijk zijn. Bijv. het gen voor de haarvorm kan informatie bevatten voor steil haar en/of voor krullend haar.
- In geslachtscellen komen de chromosomen enkelvoudig voor.
  - Bij een mens bevat de kern van elke geslachtscel 23 chromosomen.
  - Welk van beide chromosomen in een geslachtscel terechtkomt, is afhankelijk van het toeval.

4 Je kunt aangeven dat bij mensen het geslacht wordt bepaald door de geslachtschromosomen.

- Geslachtschromosomen: het 23e chromosomenpaar:
  - vrouw: twee X-chromosomen (XX)
  - man: een X- en een Y-chromosoom (XY)
  - intersekse: bijv. meisje met XY, jongen met XX

5 Je kunt uitleggen hoe door geslachtelijke voortplanting variatie in genotypen ontstaat.

- Bij de vorming van geslachtscellen komt van elk chromosomenpaar één chromosoom in een geslachtscel terecht.
  - Geslachtscellen ontstaan door een speciale celdeling: de meiose.
  - Bij meiose worden de chromosomen verdeeld over de dochtercellen (geslachtscellen). Dit gebeurt willekeurig, waardoor bij geslachtscellen veel verschillende genotypen voorkomen.
- Bij geslachtelijke voortplanting versmelt de kern van een zaadcel met de kern van een eicel.
  - Welk genotype deze geslachtscellen hebben, is afhankelijk van het toeval.
  - Bij geslachtelijke voortplanting ontstaat variatie in genotypen.

BASIS 3 GENEN EN ALLELEN

6 Je kunt omschrijven wat genen en allelen zijn.

- DNA is opgebouwd uit basenparen (A–T en C–G).
  - DNA-volgorde van een gen: de specifieke volgorde van de basen.
  - Hierdoor ontstaat een code met informatie.
  - Het DNA bevat informatie voor het maken van stoffen en voor celprocessen.
- Genen bevatten de informatie voor het maken van eiwitten.
  - De kleur, vorm en werking van je lichaam worden vooral geregeld door eiwitten.
  - De basenparen van een gen kunnen naast elkaar liggen of verdeeld zijn over een of meer chromosomen.
  - Voor alle eigenschappen zijn meerdere genen nodig.
  - Basenparen (stukjes DNA) kunnen deel uitmaken van meerdere genen.
- Allel: genvariant, de informatie in een gen op één chromosoom.
  - De twee allelen van een gen vormen een allelenpaar.
- Homozygoot: het allelenpaar voor een eigenschap bestaat uit twee gelijke allelen.
- Heterozygoot: het allelenpaar voor een eigenschap bestaat uit twee ongelijke allelen.

7 Je kunt omschrijven wat een mutatie is.

- Mutatie: een plotselinge verandering van het genotype.
  - Mutant: een organisme waarbij een mutatie in het fenotype zichtbaar is.
- Als een mutatie optreedt in een lichaamscel, heeft dit meestal geen gevolgen.
  - Het genotype van de andere lichaamscellen blijft ongewijzigd.
- Als een mutatie optreedt in een geslachtscel, kan dit wel een grote uitwerking hebben.
  - Is deze geslachtscel betrokken bij bevruchting, dan bevat elke lichaamscel van de nakomeling het gemuteerde gen.
- Mutaties komen vaker voor na blootstelling aan mutagene invloeden:
  - straling (bijv. radioactieve straling, röntgenstraling of uv-straling in zonlicht)
  - bepaalde chemische stoffen (bijv. stoffen in sigarettenrook, asbest)

BASIS 4

TRANSCRIPTIE

8 Je kunt benoemen hoe transcriptie en eiwitsynthese plaatsvinden in de cel.

- Genen bevatten informatie voor het maken van eiwitten en het regelen van celprocessen.
  - Eiwitten bepalen voor een groot deel de kleur, vorm en werking van je lichaam.
  - De DNA-sequentie van een gen bevat het recept voor het maken van een eiwit.
- Eiwitsynthese: maken van een eiwit in de cel.
  - Transcriptie: de DNA-sequentie van een gen wordt afgelezen en gekopieerd.
  - Het gekopieerde stukje DNA heet RNA.
  - In een ander deel van de cel wordt met behulp van de informatie in het RNA een eiwit gemaakt.

9 Je kunt benoemen dat de genetische variatie toeneemt door spontane mutaties.

- Tijdens het kopiëren van DNA ontstaan regelmatig fouten.
  - Als dit gebeurt in een geslachtscel die betrokken is bij de bevruchting, of in het embryo kort na de bevruchting, komt de mutatie in alle lichaamscellen van de nakomeling.
  - Door geslachtelijke voortplanting en spontane mutaties ontstaat variatie in genotypen en fenotypen binnen een soort.

10 Je kunt omschrijven wat kanker is.

- Ontstaan van kanker: ergens in het lichaam gaat een cel zich ongeremd delen.
  - Oorzaak: mutaties in genen die betrokken zijn bij het regelen van celdeling.
  - Er ontstaat een kwaadaardig gezwel (tumor) en de bouw van het weefsel wordt verstoord.
- Uitzaaiing (metastase): cellen van de tumor komen in het bloed of in de lymfe terecht.
  - Deze cellen veroorzaken in andere organen nieuwe tumoren.

BASIS 5

DE EVOLUTIETHEORIE

11 Je kunt de evolutietheorie beschrijven.

- Evolutie is de ontwikkeling van het leven op aarde waarbij soorten ontstaan, veranderen en/of verdwijnen.
  - De evolutietheorie gaat uit van een periode van miljoenen jaren, variatie in genotypen, natuurlijke selectie en het ontstaan van nieuwe soorten.
- In de natuur ontstaan voortdurend nieuwe genotypen (en fenotypen).
  - Variatie in genotypen ontstaat door geslachtelijke voortplanting en mutaties.
  - Spontane (erfelijke) mutaties kunnen de overlevingskans van een organisme positief en negatief beïnvloeden.
- Natuurlijke selectie:
  - Individuen met een betere aanpassing aan het milieu hebben een grotere overlevingskans.
  - Van organismen met een gunstig genotype blijven waarschijnlijk veel nakomelingen in leven, die zich kunnen voortplanten.
  - Soorten veranderen als door natuurlijke selectie organismen met een nieuwe, afwijkende vorm blijven voortbestaan en organismen met de oorspronkelijke vorm uitsterven.
- Het ontstaan van nieuwe soorten door isolatie:
  - Een groep organismen van één soort raakt geïsoleerd (gescheiden) van de rest van de soort.
  - Beide groepen ontwikkelen zich langdurig gescheiden in verschillende milieus.
  - Na verloop van tijd zijn er zoveel verschillen ontstaan dat organismen van de twee groepen zich niet meer onderling kunnen voortplanten. Er zijn twee soorten ontstaan.

BASIS 6

GESCHIEDENIS VAN HET LEVEN OP AARDE

12 Je kunt uitleggen hoe fossielen zijn ontstaan.

- Fossielen: versteende overblijfselen van organismen of afdrukken van organismen in gesteenten.
  - Fossielen ontstaan als resten van organismen van de lucht worden afgesloten door een laag zand of klei (sediment). Hierdoor vergaan de resten niet.
  - Harde delen van organismen fossiliseren beter dan zachte delen.
  - Uit gevonden fossielen blijkt dat in de loop van de evolutie soorten zijn ontstaan, veranderd en/of verdwenen.

13 Je kunt uitleggen dat soorten verwant zijn als ze een gemeenschappelijke voorouder hebben.

- In een geologische tijdschaal wordt de tijd sinds het ontstaan van de aarde weergegeven.
- Soorten vertonen verwantschap als ze een gemeenschappelijke voorouder bezitten.
  - Hoe langer geleden de gemeenschappelijke voorouder van twee soorten leefde, hoe minder ze verwant zijn.
- Overeenkomsten in DNA, eiwitten en fenotype:
  - Hoe meer DNA, eiwitten en fenotype van twee soorten overeenkomen, hoe aannemelijker het is dat deze soorten een gemeenschappelijke voorouder hebben.
- Overeenkomst in fenotypen:
  - Organen met verschillende functies kunnen veel overeenkomst in bouw vertonen. Bijv. de arm van een mens, de vleugel van een arend, de voorvin van een walrus.
  - Rudimentaire organen of rudimenten: organen die (een deel van) hun functie verloren hebben en niet of nauwelijks tot ontwikkeling komen. Bijv. de staartwervels en de verstandskiezen bij de mens, poten bij een slang. Bij verwante soorten komen deze organen wel tot volledige ontwikkeling.
- Uit een stamboom van organismen is af te lezen:
  - waaruit groepen organismen zich hebben ontwikkeld;
  - welke groepen veel en welke weinig verwantschap vertonen.

BASIS 7

DNA-TECHNIEKEN

14 Je kunt enkele DNA-technieken in de biotechnologie beschrijven.

- Biotechnologie: verzamelnaam voor technieken waarbij organismen worden gebruikt om producten te vervaardigen voor de mens.
- Genetische modificatie: de mens verandert de erfelijke eigenschappen van andere soorten organismen.
  - Een genetisch gemodificeerd organisme noem je transgeen.
- Recombinant-DNA-technieken: in het DNA van een organisme wordt nieuwe erfelijke informatie aangebracht (bijv. DNA afkomstig van een ander soort organisme).
  - De veranderde organismen kunnen voor de mens voedingsmiddelen, geneesmiddelen, hormonen of enzymen produceren. Bijv. bacteriën kunnen het hormoon insuline produceren, nadat het gen van de mens voor de productie van insuline is ingebracht in de bacteriën.

- Crispr-cas: gene editing met behulp van een verdedigingsmechanisme dat bacteriën heeft tegen virussen.
  - Een bacterie die een virusaanval overleeft, slaat het virus-DNA op.
  - Het enzym cas controleert de bacterie op de aanwezigheid van virus-DNA.
  - Als dit DNA wordt gevonden, knipt het enzym het in stukjes.
  - Gene editing met crispr-cas: cas vindt het stukje DNA dat moet worden gewijzigd en knipt dit eruit. De uiteinden worden aan elkaar gemaakt of er wordt een nieuw stukje DNA ingebouwd.
- Discussie: er zijn voor- en tegenstanders van genetische modificatie.
- Genomics: de studie van het gehele DNA van een organisme met alle genen die daarop liggen.
- DNA-tests zijn goedkoop, snel en nauwkeurig.
  - Toepassingen o.a. bij misdaadbestrijding, opsporen van fraude met vlees, opsporen van erfelijke ziekten, verwantschapsonderzoek.
- eDNA: environmental DNA.
  - Alle organismen laten DNA-sporen achter in hun omgeving.
- Synthetische biologie: biologisch materiaal kunstmatig namaken. Bijv. kunstmatig DNA, toepassingen in de toekomst zijn mogelijk opruimen van vervuiling, productie van biobrandstof, dataopslag.

EXTRA 8

DOMINANT EN RECESSIEF

15 Je kunt omschrijven wat dominant en recessief betekenen.

- Dominant allel: een allel dat altijd tot uiting komt in het fenotype.
  - Een dominant allel wordt aangegeven met een hoofdletter.
  - Organismen waarbij een dominant allel tot uiting komt in het fenotype, kunnen homozygoot of heterozygoot zijn voor deze eigenschap.
- Recessief allel: een allel dat alleen tot uiting komt in het fenotype als er geen dominant allel aanwezig is.
  - Een recessief allel wordt aangegeven met een kleine letter.
  - Organismen waarbij een recessief allel tot uiting komt in het fenotype, zijn homozygoot voor deze eigenschap.

EXTRA 9

KRUISINGEN

16 Je kunt een kruisingsschema opstellen en daaruit de kans op een bepaald genotype bij de nakomelingen van de kruising afleiden.

- In een kruisingsschema worden de generaties aangegeven met letters.
  - P: de ouders
  - F_1: de eerste generatie nakomelingen
  - F_2: de generatie nakomelingen die ontstaat door onderling voortplanten van F_1-individuen
- Opstellen van een kruisingsschema:
  - Geef de genotypen van de ouders in een kruising weer.
  - Stel vast welke allelen de geslachtscellen van beide ouders kunnen bevatten.
  - Ga na welke mogelijkheden er bestaan voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern.

- Kruisingsschema van een kruising (bij dominante en recessieve allelen):

P	AA	×	aa
geslachtscellen	A		a
F_1		Aa	(100% kans op dit genotype)
	Aa	×	Aa
geslachtscellen	A of a		A of a

F_2

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Kans op AA is 25%, op Aa is 50% en op aa is 25%.

ONDERZOEK

LEREN ONDERZOEKEN & PRACTICA

17 Je kunt een onderzoek mondeling presenteren.

Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

6 Ecologie en duurzaamheid

Organismen leven in relatie met hun omgeving. Ze hebben voedingsstoffen nodig en veel organismen dienen zelf weer als voedsel voor andere organismen. Uiteindelijk gaan alle organismen dood. De stoffen waaruit ze bestaan, worden dan opnieuw gebruikt.

BASISSTOF

1 Organismen en hun omgeving 192
2 Voedselrelaties en kringlopen 205
3 Samenleven 218
4 Natuurbeheer 227
5 Mens en milieu 237
6 Duurzaamheid 248
Samenhang 258
De pest aan de rode rivierkreeft

EXTRA STOF

7 Energiestroom in een ecosysteem 262
8 Voedselproductie 265

ONDERZOEK

Leren onderzoeken 271
Practica 277

AFSLUITING

Samenvatting 287
Diagnostische toets

1 Organismen en hun omgeving

LEERDOELEN

6.1.1 Je kunt de invloeden op organismen indelen in biotische en abiotische factoren.
6.1.2 Je kunt de niveaus van de ecologie beschrijven.
6.1.3 Je kunt in een ecosysteem de voedselrelaties aangeven.

- Leren onderzoeken 1
- Practicum 1

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	6.1.1	6.1.2	6.1.3
Onthouden	1abe	2cd	3ab, 4c
Begrijpen	1cd, 5, 6a	2ab, 5	3cde, 4abd, 5
Toepassen	6b, 11a	7, 11b	8, 9, 10a, 11cd
Analyseren	6c, 11e		10b, 11e

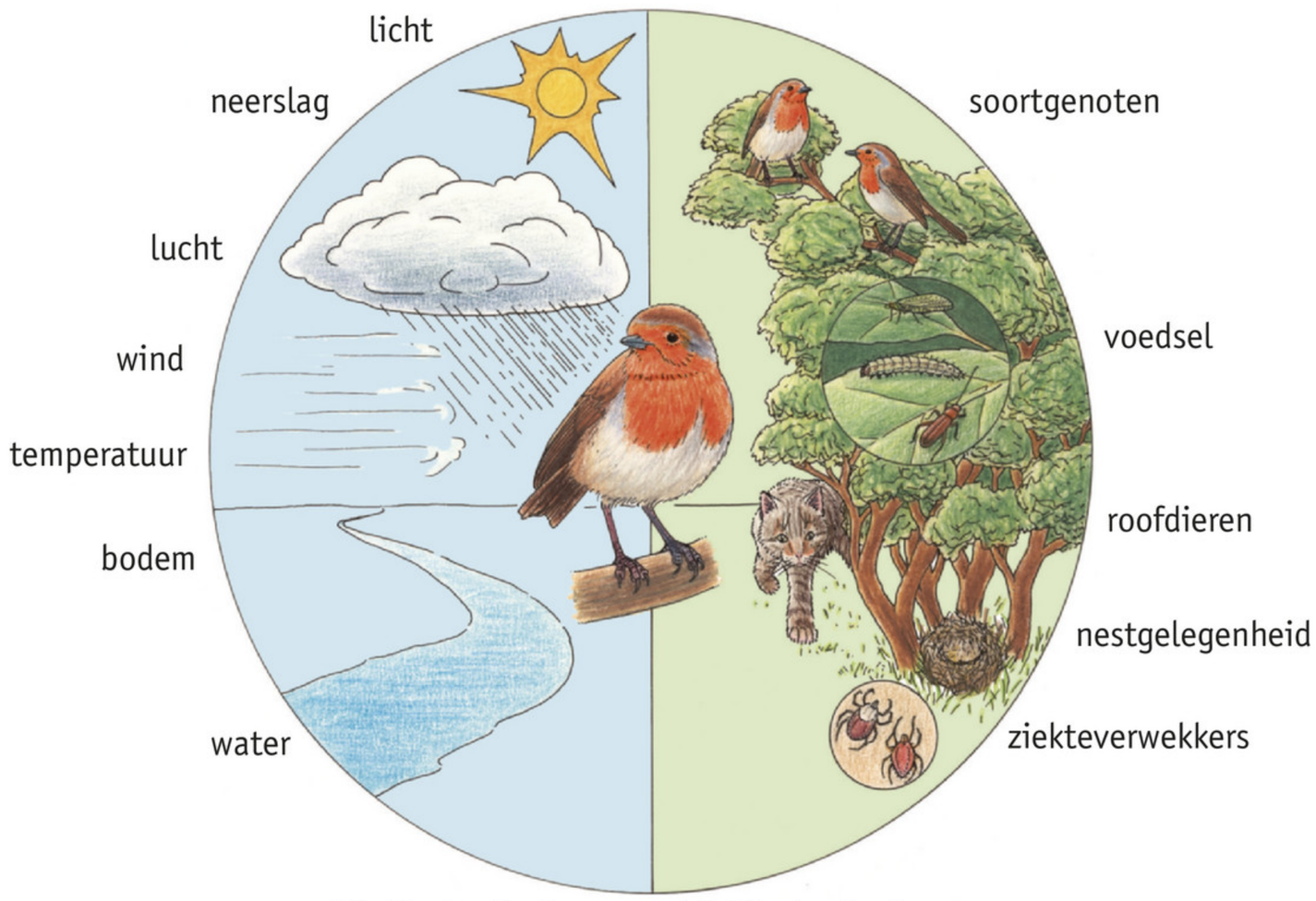
Elk organisme is afhankelijk van zijn omgeving. Die omgeving bestaat uit andere organismen, maar ook uit levenloze factoren, zoals licht, water en lucht. Veel organismen leven samen in groepen.

MILIEU

Het **milieu** (de leefomgeving) heeft invloed op organismen. Maar organismen beïnvloeden ook hun milieu. Planten geven bijvoorbeeld zuurstof af aan het milieu en regenwormen maken gangen waardoor de bodem luchtiger wordt. Het deel van de biologie dat de relaties (betrekkingen) tussen organismen en hun milieu onderzoekt, heet **ecologie**.

Invloeden van de levende natuur noem je **biotische factoren**. Deze invloeden zijn afkomstig van andere organismen. Invloeden die afkomstig zijn van de levenloze natuur noem je **abiotische factoren**. In afbeelding 1 zie je biotische en abiotische factoren die van invloed zijn op een roodborstje.

Afb. 1 Biotische en abiotische factoren voor een roodborstje.



DE NIVEAUS VAN DE ECOLOGIE

Biologen bestuderen het leven op verschillende niveaus, zoals een cel, een orgaan en een organisme. Ook in de relaties die ecologen onderzoeken, zijn er verschillende **niveaus** (zie afbeelding 2).
Je kunt de relaties tussen één **individu** (een organisme) en het milieu onderzoeken, bijvoorbeeld de invloed van de temperatuur op de groei van één olifant.

Afb. 2 De niveaus van de biologie.

Biosfeer: aarde
Het gebied van de aarde (water, bodem en dampkring) waarin leven mogelijk is.

Ecosysteem: Hoge Veluwe
Gebied waarbinnen de biotische en abiotische factoren een eenheid vormen.

Individu: wild zwijn
Organisme, één levend wezen.

Populatie: wilde zwijnen
Een groep organismen van dezelfde soort die in een gebied samenleven.

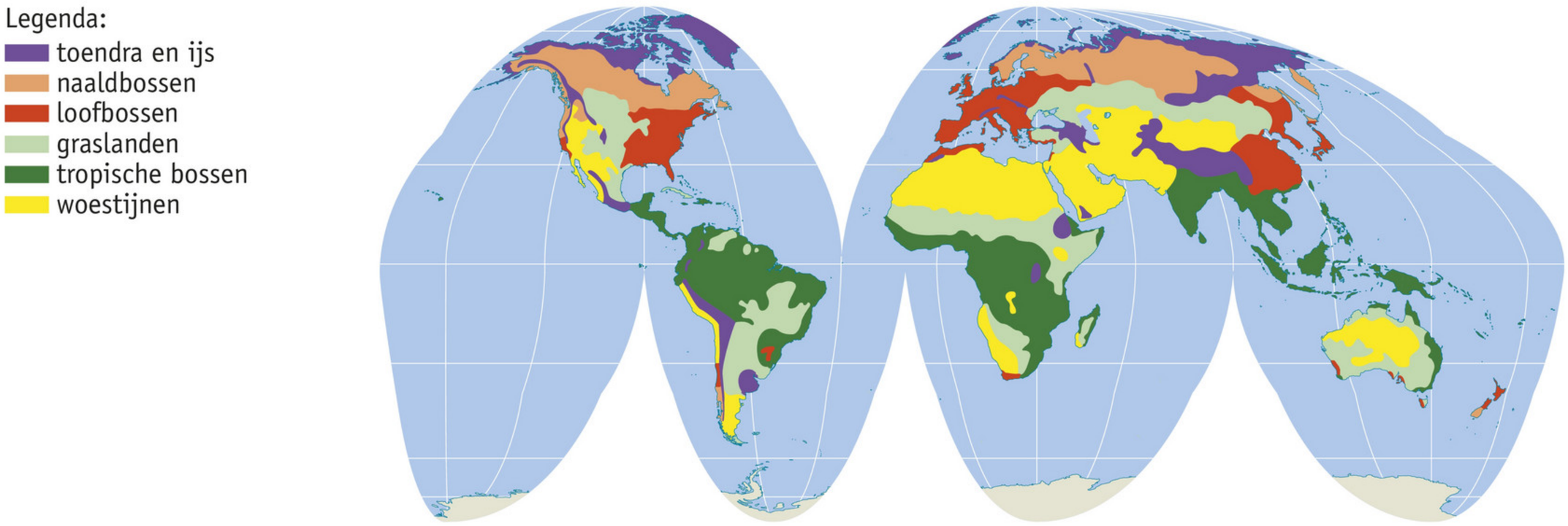
Levensgemeenschap: wilde zwijnen, herten, dassen, eiken, enz.
Alle populaties in een gebied.

Een **populatie** is een groep individuen van dezelfde soort in een bepaald gebied, die zich onderling voortplanten. Een voorbeeld van een relatie tussen een populatie en het milieu is de invloed van de hoeveelheid regen op een populatie olifanten.

In een gebied leven populaties van verschillende soorten. Deze populaties vormen samen een **levensgemeenschap**. De levensgemeenschap in een bos kan bestaan uit populaties van eiken, beuken, adelaarsvarens, regenwormen, spitsmuizen, koolmezen, vossen en nog veel meer soorten. Alle populaties in een bos beïnvloeden elkaar. Ook de abiotische factoren, zoals temperatuur, water en soort bodem, hebben veel invloed in een bos. Alle abiotische factoren in een bepaald gebied samen noem je de **biotoop**.
In een bos vormen de levensgemeenschap en de biotoop samen een eenheid: het **ecosysteem**. Een ecosysteem is een gebied waarbinnen de biotische en de abiotische factoren een eenheid vormen. Voorbeelden van ecosystemen zijn een duingebied, een bos, een sloot en een weiland.
Alle ecosystemen samen vormen de **biosfeer**. De biosfeer is het deel in, op en rond de aarde waar leven mogelijk is.

In de biosfeer kun je grote gebieden met een kenmerkend klimaat onderscheiden. Zo'n gebied wordt een **bioom** genoemd (zie afbeelding 3). Toendra's bijvoorbeeld zijn koude gebieden dicht bij de Noordpool of op grote hoogte. Er kunnen geen bomen groeien, alleen maar gras, mos en lage struiken.

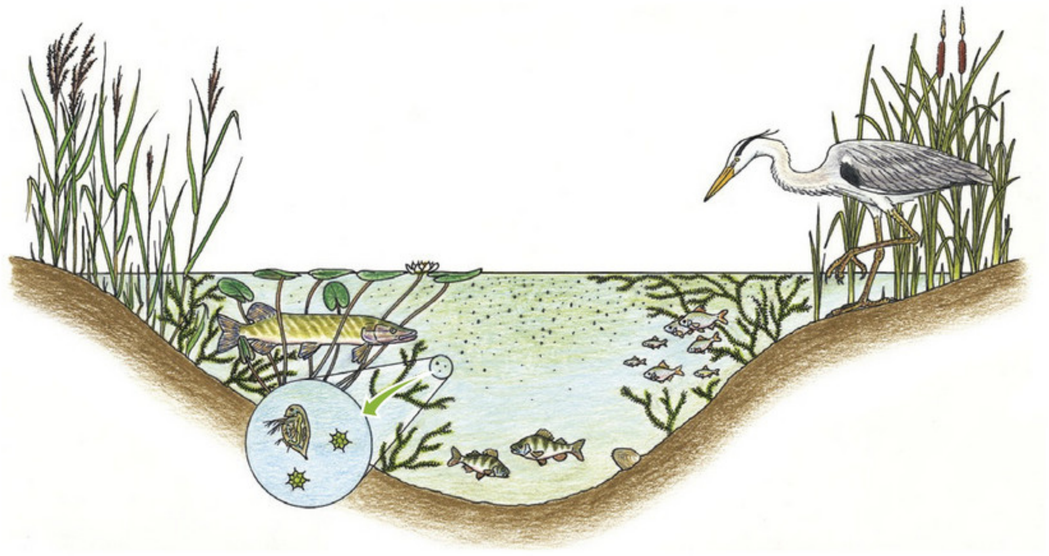
Afb. 3 Biomen.



VOEDSELKETEN

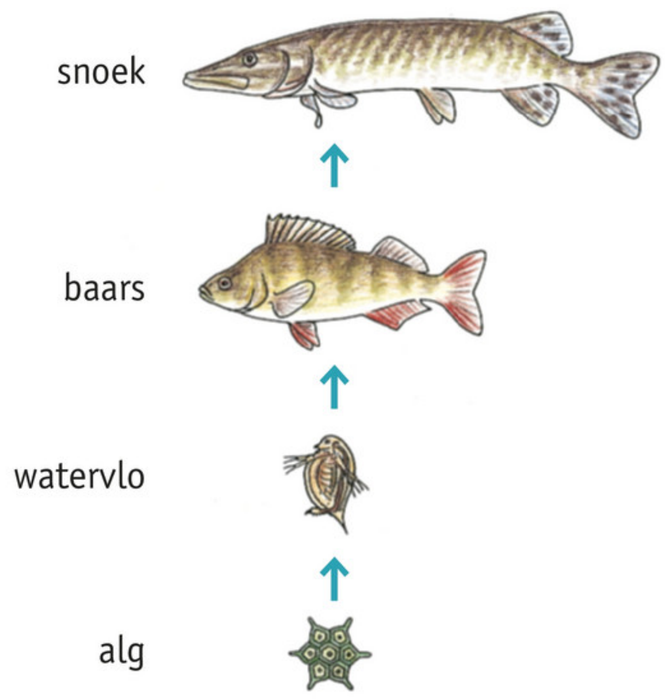
In afbeelding 4 zie je een meer met enkele organismen. In de uitvergroting zie je een watervlo. Watervlooien zijn planteneters. Ze eten algen. Je ziet ook baarzen. Baarzen eten watervlooien. Het zijn vleeseters. Je ziet ook een snoek. Snoeken eten onder andere baarzen.

Afb. 4 Een meertje.



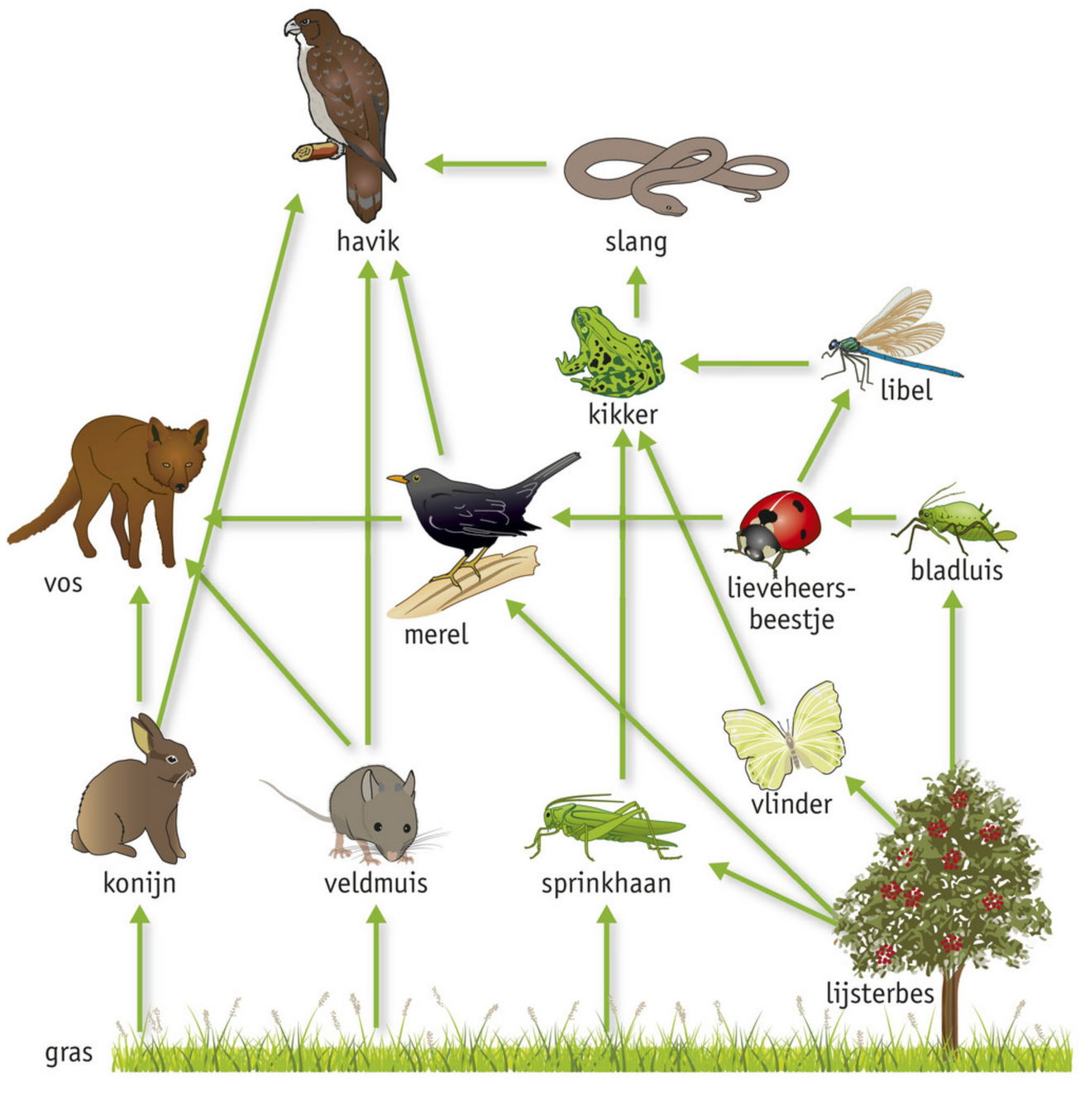
Alg, watervlo, baars en snoek vormen een **voedselketen** (zie afbeelding 5). Een voedselketen is een reeks soorten waarbij elke soort een voedselbron is voor de volgende soort. Elke voedselbron noem je een **schakel** in de voedselketen. In afbeelding 5 is de eerste schakel een plantensoort. Vrijwel alle voedselketens beginnen met een plantensoort. Vervolgens gaat er een pijl naar de tweede schakel: een watervlo (een planteneter). Van de planteneter gaat een pijl naar de derde schakel: een baars (een vleeseter). De tweede, derde en verdere schakels kunnen ook alleseters zijn.

Afb. 5 Een voedselketen.



In werkelijkheid is er in een ecosysteem nooit maar één voedselketen. Elke soort kan het voedsel zijn voor vele andere soorten. In een ecosysteem lopen dan ook meerdere voedselketens door elkaar. Het geheel van voedselrelaties in een ecosysteem noem je een **voedselweb** (ook wel **voedselnet** genoemd). In afbeelding 6 is een voedselweb weergegeven. In een voedselweb komen behalve planteneters en vleeseters ook alleseters voor. Een voedselweb bestaat uit levende organismen.

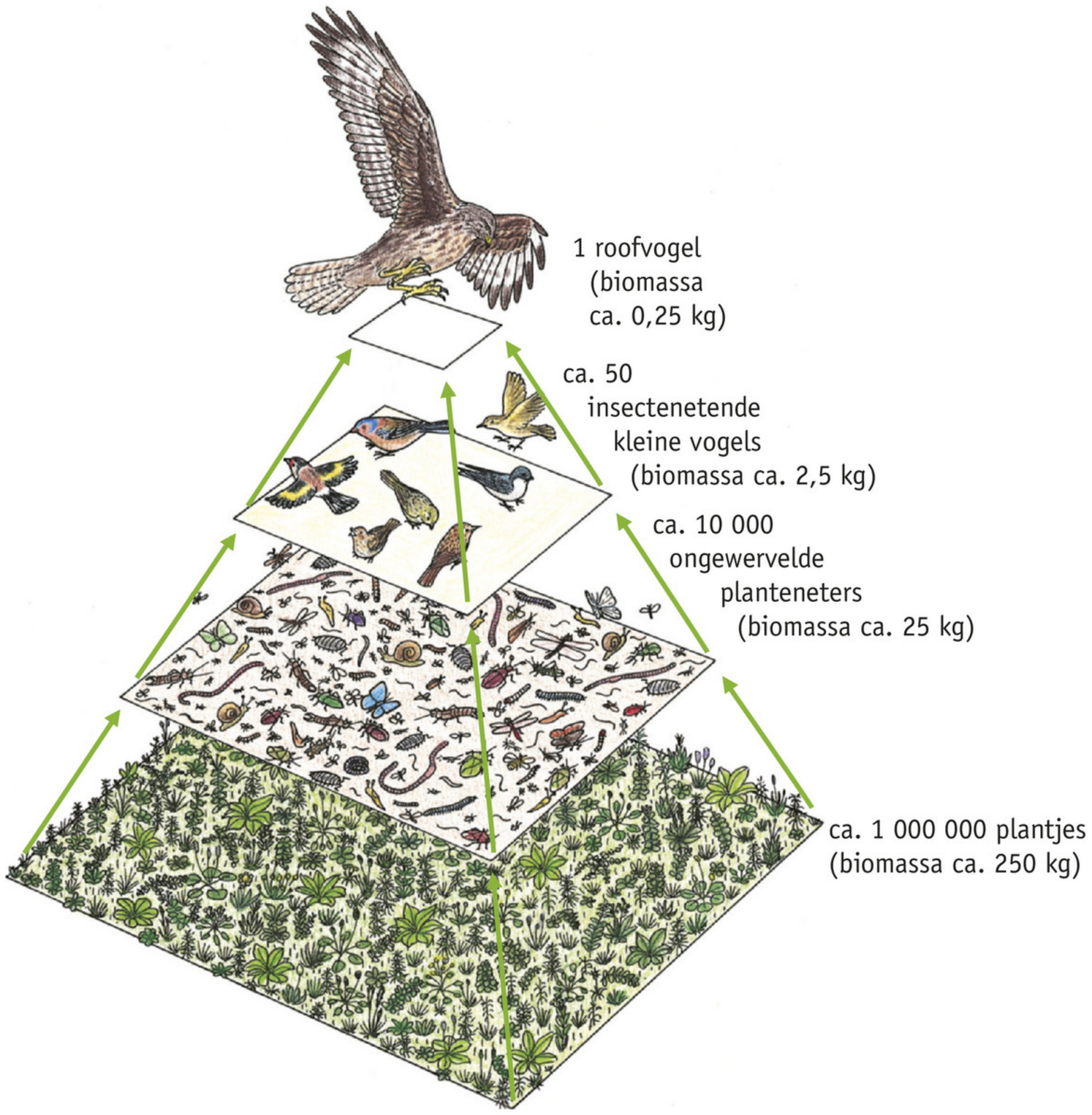
Afb. 6 Een voedselweb.



PIRAMIDE VAN BIOMASSA

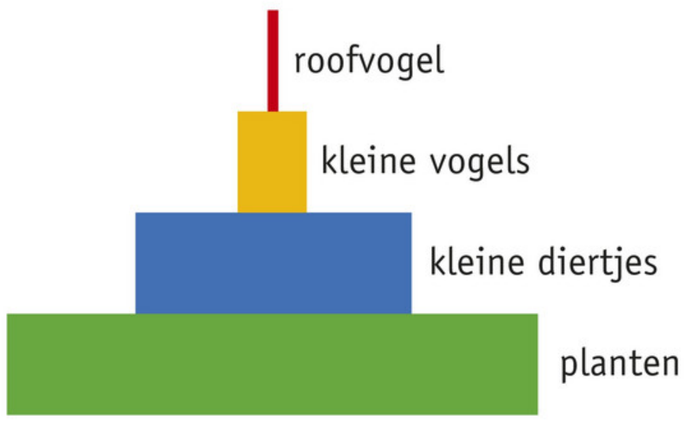
Elk organisme bestaat uit veel verschillende stoffen. Sommige van die stoffen zijn energierijk, zoals koolhydraten, eiwitten en vetten. De totale hoeveelheid energierijke stoffen in een organisme noem je de **biomassa** van dat organisme.
Van een voedselketen kun je nagaan hoeveel biomassa elke schakel heeft. Je moet dan de biomassa van alle organismen in een schakel bij elkaar optellen. In afbeelding 7 is bij elke schakel de biomassa weergegeven. Je ziet dat de totale biomassa van de planten in de eerste schakel veel groter is dan die van de planteneters daarboven.
In een voedselketen wordt de biomassa in elke volgende schakel kleiner.

Afb. 7 Een voedselketen, weergegeven als een piramide.



In een **piramide van biomassa** wordt de biomassa van elke schakel van een voedselketen weergegeven (zie afbeelding 8). Uit deze piramide blijkt dat de biomassa van de planten onder in de piramide veel groter is dan de biomassa van de planteneters daarboven. Deze is weer groter dan de biomassa van de insectenetende vogels, enzovoort.

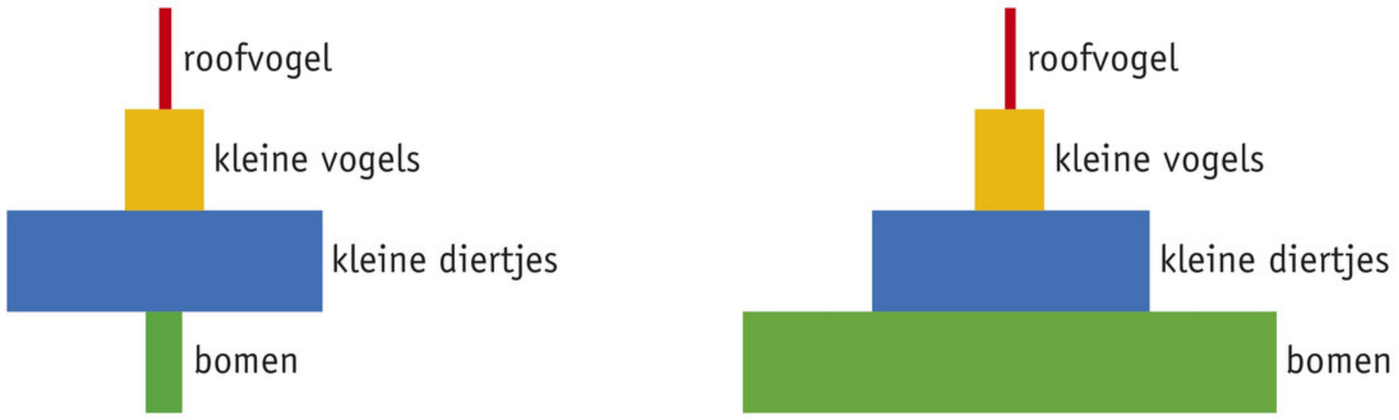
Afb. 8 Piramide van biomassa.



PIRAMIDE VAN AANTALLEN

Het aantal individuen wordt meestal kleiner in elke volgende schakel van een voedselketen, maar dit hoeft niet altijd zo te zijn. Het aantal bomen in een bos is bijvoorbeeld kleiner dan het aantal planteneters (slakken, rupsen, kevers). De talrijke planteneters dienen weer wel als voedsel voor een kleiner aantal vogels. In afbeelding 9.1 zie je een **piramide van aantallen** met in de eerste schakel enkele bomen. In afbeelding 9.2 zie je de piramide van biomassa van deze voedselketen.
Je ziet: de piramide van biomassa heeft altijd een piramidevorm. De piramide van aantallen kan een afwijkende vorm hebben.

Afb. 9 Piramiden van dezelfde voedselketen.



1 piramide van aantallen

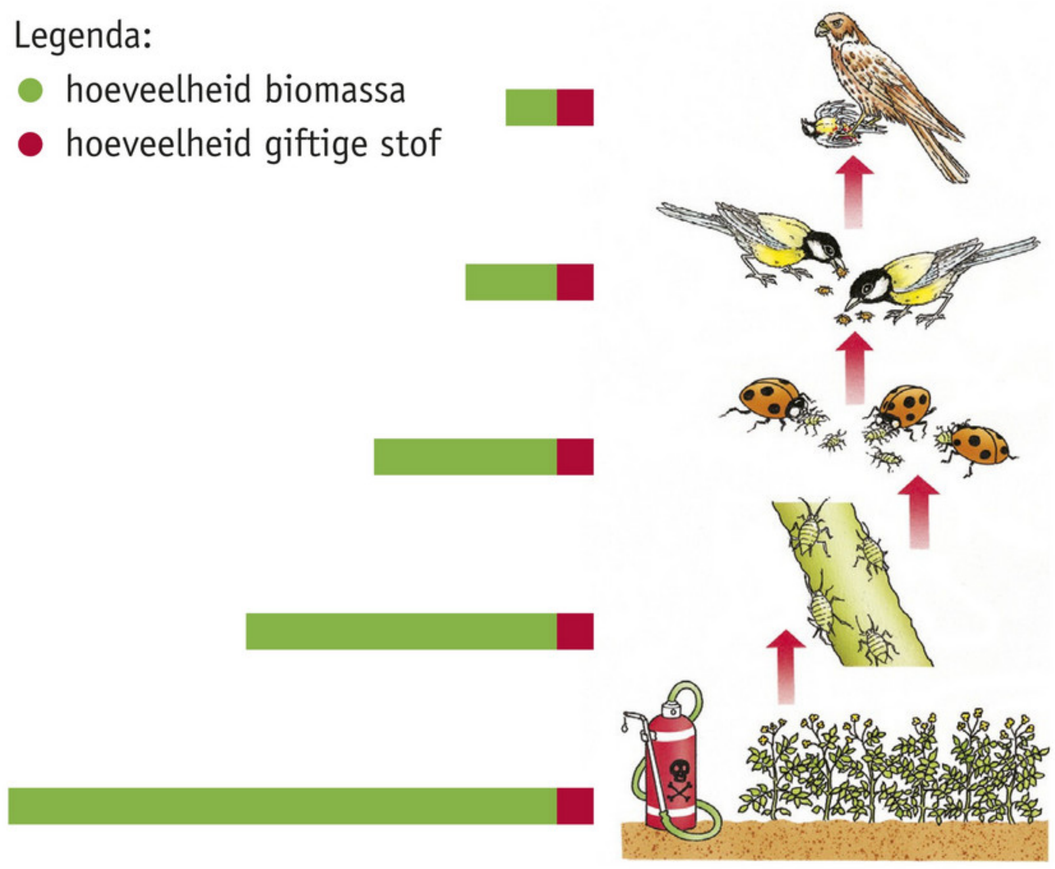
2 piramide van biomassa

ACCUMULATIE

Planten nemen stoffen op uit hun omgeving, bijvoorbeeld mineralen en koolstofdioxide. Die stoffen zijn nuttig voor de plant. Maar planten nemen ook stoffen op die ze niet nodig hebben, bijvoorbeeld zware metalen. Dat is een verzamelnaam voor metalen als cadmium, kwik, lood, arseen en tin. Zware metalen zijn **giftig** (schadelijk voor organismen). Ze komen in het milieu terecht door de industrie, door uitlaatgassen van auto's en door verbranding van kolen en afval.

Een plant kan de zware metalen niet gebruiken en hij kan ze ook niet kwijtraken. Daardoor blijven deze stoffen in de plantencellen zitten en komen ze in de voedselketen terecht. Als een dier de plant eet, komen de stoffen in het dier. Bij dieren worden zware metalen opgeslagen in het vetweefsel. Zo kunnen ze weer worden doorgegeven aan de volgende schakel in de voedselketen. Op deze manier hopen de giftige stoffen zich op in dieren aan het eind van een voedselketen (zie afbeelding 10). Dat noem je opeenhoping of **accumulatie**. Dezelfde hoeveelheid zware metalen komt in een steeds kleinere hoeveelheid biomassa terecht. Dieren aan het eind van de voedselketen hebben daardoor een grotere kans om dood te gaan door de zware metalen.

Afb. 10 Accumulatie van giftige stoffen in een voedselketen.



Niet alleen zware metalen hopen zich op in de voedselketen. Ook chemische middelen uit de landbouw worden doorgegeven in een voedselketen. Door allerlei maatregelen van de regering komen er steeds minder zware metalen en giftige stoffen in het milieu terecht.

KENNIS

1 Het milieu heeft invloed op organismen.

a Wat is een ander woord voor milieu? .....

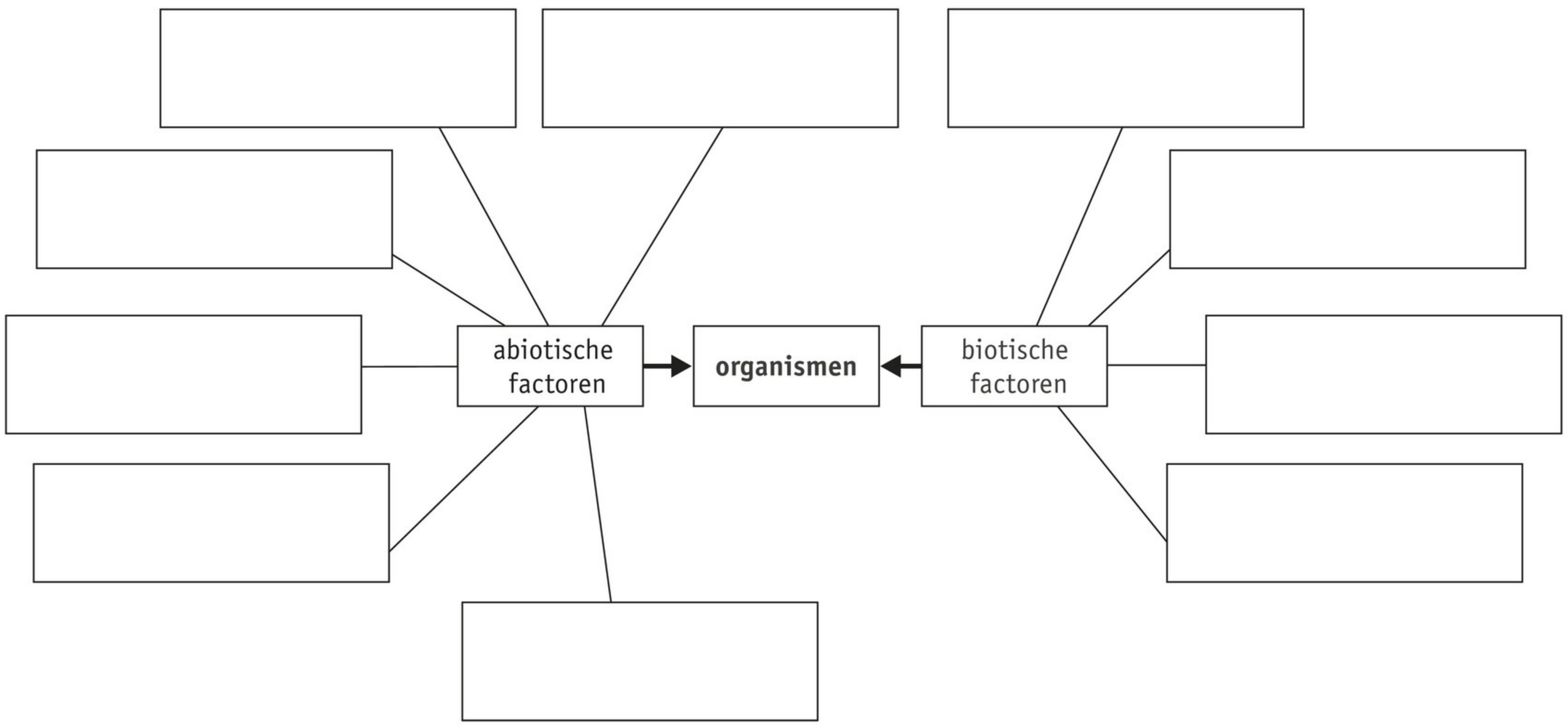
b Wat bestudeert de ecologie?

c Algen zijn in een rivier een *abiotische* / *biotische* factor.

d Zuurstof is voor vissen een *abiotische* / *biotische* factor.

e Vul het schema van afbeelding 11 in. Gebruik daarbij: *bodem – licht – roofdieren – soortgenoten – temperatuur – voedsel – water – wind – ziekteverwekkers – zuurstof*.

Afb. 11



2

a Wat is het verschil tussen een bioom en een biotoop?

b Behoort een wolf tot:

- een bioom? *ja* / *nee*
- een biotoop? *ja* / *nee*
- een ecosysteem? *ja* / *nee*
- een levensgemeenschap? *ja* / *nee*

c Combineer elk niveau van de ecologie met de juiste omschrijving.

A	bioom	◯	◯ 1 een bepaald gebied met alle erin levende organismen, waarbinnen de biotische en de abiotische factoren een eenheid vormen
B	biosfeer	◯	◯ 2 een groep organismen van dezelfde soort die in een gebied met elkaar samenleven
C	ecosysteem	◯	◯ 3 een levend wezen
D	organisme	◯	◯ 4 groot gebied met een kenmerkend klimaat
E	populatie	◯	◯ 5 het deel van de aarde (en de lucht eromheen) waar leven mogelijk is

d Zet de niveaus van de ecologie in de juiste volgorde van klein (1) naar groot (6).

..... bioom
..... biosfeer
..... ecosysteem
..... individu
..... levensgemeenschap
..... populatie

3

a Wat is het verschil tussen een voedselketen en een voedselweb?
b Waarmee begint een voedselketen?
c In het voedselweb in afbeelding 6 kun je verschillende voedselketens onderscheiden. De kortste voedselketen bestaat uit drie schakels, de langste uit zeven schakels. Noteer twee voedselketens die uit drie schakels bestaan.
d Noteer de voedselketen van afbeelding 6 die uit zeven schakels bestaat.
e Welk dier in afbeelding 6 is een alleseter? Leg je antwoord uit.

4

a Welke schakel in een voedselketen omvat meestal het grootste aantal individuen?
b Een voedselketen in de veeteelt bestaat uit drie schakels: gras → koe → mens.
- De grootste hoeveelheid energierijke stoffen vind je in de schakel *gras* / *koe* / *mens*.
- De kleinste hoeveelheid energierijke stoffen vind je in de schakel *gras* / *koe* / *mens*.

c Opeenhoping van giftige stoffen in een voedselketen noem je .....
d Leg uit dat een piramide van biomassa altijd een piramidevorm heeft.

5

Samenvatting

Biotische en abiotische factoren

Biotische factoren: .....

Abiotische factoren: .....

Voorbeelden van abiotische factoren: .....

.....

Niveaus van de ecologie

- Organisme: .....
- .....

  .....
- .....

  .....
- .....

  .....
- .....
- .....
- Biosfeer: .....

Voedselrelaties

Voedselketen: .....

.....

Eerste schakel in een voedselketen: .....

Voedselweb: .....

.....

Accumulatie: .....

.....

Voedselpiramiden

Piramide van biomassa: .....

.....

Piramide van aantallen: .....

.....

INZICHT

6 Na een regenbui zie je vaak regenwormen uit de grond kruipen. Het milieu (de regen) heeft invloed op de regenworm.

a Regenwormen kruipen uit de grond als gevolg van een verandering in een *abiotische* / *biotische* factor.

b Een regenworm heeft ook invloed op het milieu.
Geef hiervan een voorbeeld.

c Sommige ecologen vermoeden dat regenwormen door de trillingen van de regendruppels denken dat er een mol aankomt. Mollen zijn natuurlijke vijanden van regenwormen.
Als de theorie van de ecologen klopt, is het vluchten van de regenwormen dan een gevolg van een verandering in een abiotische factor, in een biotische factor of in beide? Leg je antwoord uit.

7 In het Texelse duingebied komt een aantal meertjes voor (zie afbeelding 12). Hierin leven onder andere algen, stekelbaarsjes, waterkevers, waterplanten en watervlooien.

- Maken de organismen in één meertje deel uit van dezelfde populatie? *ja* / *nee*
- Maken de organismen in één meertje deel uit van dezelfde levensgemeenschap? *ja* / *nee*
- Is één zo'n meertje een ecosysteem? *ja* / *nee*
- Is het Texelse duingebied een ecosysteem? *ja* / *nee*

Afb. 12 Texels duingebied met meertjes.

8 *Cygnus columbianus bewickii* is in Nederland bekend onder de naam kleine zwaan. Elk najaar trekken er duizenden kleine zwanen uit Rusland naar West-Europa om te overwinteren. De zwanen vliegen honderden kilometers, waarna ze sterk vermagerd aankomen. In twee tot drie weken eten ze zich weer helemaal vol. Ze voeden zich vooral met de wortelknolletjes van het schedefonteinkruid (een waterplant).
Een zwaan eet wel 1,5 kg knolletjes per dag. Gemiddeld weegt een knolletje 75 mg: dat zijn dus zo'n 20 000 knolletjes per dag.

a Noteer de voedselketen die in de inleiding wordt beschreven.

b Een kleine zwaan die op één dag 1,5 kg knolletjes eet, wordt niet 1,5 kg zwaarder.
Noteer hiervoor twee oorzaken.

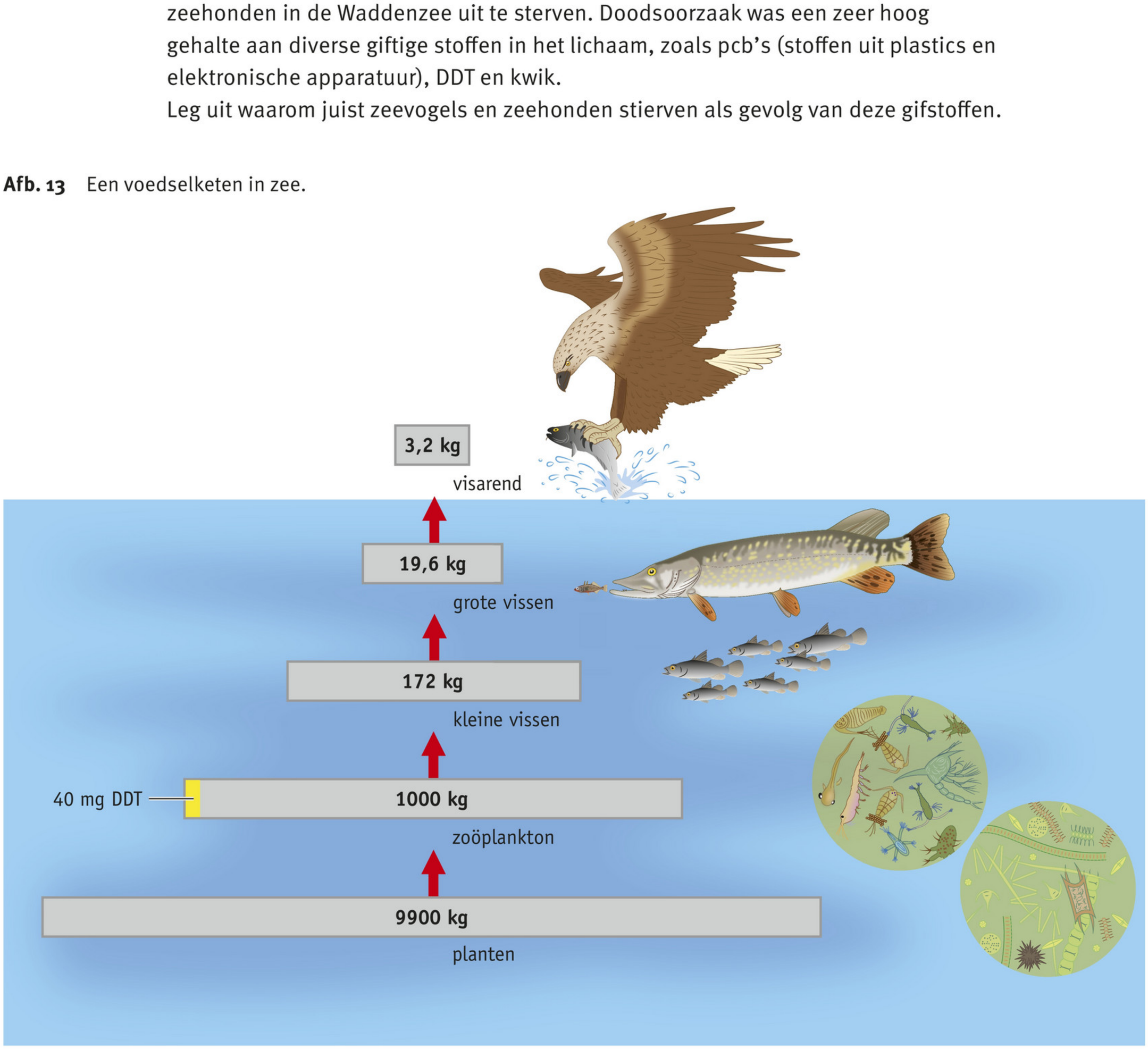
9 In afbeelding 13 zie je een voedselketen in zee. Van elke schakel is de biomassa aangegeven. Bij een onderzoek naar de hoeveelheid DDT (een landbouwgif) is gebleken dat in de schakel van het zoöplankton per 1000 kg zoöplankton 40 mg DDT voorkomt.

a Noteer bij elke schakel in kolom 3 van de tabel hoeveel milligram DDT er in totaal in die schakel voorkomt.
Bereken voor elke schakel de concentratie DDT per kilogram biomassa. Noteer dit in kolom 4.

	Biomassa	Totale hoeveelheid DDT (in mg)	DDT per kg biomassa (in mg)
Visarend	3 kg		
Grote vissen	20 kg		
Kleine vissen	175 kg		
Zoöplankton	1000 kg	40	
Planten	10 000 kg		

b In de jaren tachtig van de vorige eeuw stierven veel zeevogels. Ook dreigden de zeehonden in de Waddenzee uit te sterven. Doodsoorzaak was een zeer hoog gehalte aan diverse giftige stoffen in het lichaam, zoals pcb's (stoffen uit plastics en elektronische apparatuur), DDT en kwik.
Leg uit waarom juist zeevogels en zeehonden stierven als gevolg van deze gifstoffen.

Afb. 13 Een voedselketen in zee.



+ 10

a De meeste voedselketens (90%) hebben drie tot hoogstens vijf schakels. Leg uit dat een voedselketen van meer dan vijf schakels weinig voorkomt.

b Waarom is de term ‘piramide van aantallen’ niet zo goed gekozen?

SAMENHANG leefwereld

OVERLEEFT DE MOEFLON DE WOLF?

Moeflons zijn grote bergschapen met opvallende, gedraaide horens. Ze zijn in de jaren twintig van de vorige eeuw vanuit het bergachtige Corsica en Sardinië op de Noord-Veluwe geïntroduceerd om de heidevelden te begrazen. De moeflons zorgen voor licht en ruimte: het zijn de enige dieren die de jonge scheuten van grove dennen eten. Ook zorgen ze ervoor dat het gras de heidestruiken niet overwoekert. Het aantal moeflons groeide gestaag door weinig natuurlijke vijanden en voldoende voedsel. Maar vanaf 2019 lijkt de moeflon helemaal verdwenen op de Noord-Veluwe.

Ecologen leggen een verband tussen het verdwijnen van de moeflon en de terugkeer van de wolf. Dat juist de moeflon lijkt te verdwijnen is opvallend, want er is voedsel in overvloed voor wolven. De wolf eet behalve moeflons ook schapen, reeën, zwijnen, herten en ander wild.

Toch zijn er genoeg kansen voor de moeflon: een gebrek aan leefruimte of een tekort aan water kan de groei van het aantal wolven afremmen. Wolvenroedels hebben zo’n 200 km² leefruimte nodig. De Veluwe is ongeveer 1000 km² groot, dus er zouden vier tot vijf roedels kunnen leven.

Om het gat te vullen dat de moeflon achterlaat, worden grove dennen gekapt en trekt Staatsbosbeheer sinds kort met een kudde schapen door het gebied om vergrassing tegen te gaan.

Afb. 14 Moeflons.

11

Lees de tekst ‘Overleeft de moeflon de wolf?’.

a Markeer in de tekst de *biotische* factor(en) en onderstreep de *abiotische* factor(en) die de moeflon beïnvloeden. Dezelfde factoren hoef je maar één keer te markeren of onderstrepen.

b Leg uit waarom de Veluwe wel een ecosysteem is, maar geen bioom.

c Maak aan de hand van de gegevens in de tekst een voedselweb.

d In natuurgebieden worden tegenwoordig nogal eens giftige chemicaliën gedumpt, zoals drugsafval.
Welke invloed kan zo'n dumping hebben op het voedselweb in vraag c?

e De wolf eet behalve moeflons ook schapen, reeën, zwijnen, herten en ander wild.
Geef een reden waarom vooral de moeflon wordt gegeten door de wolf, terwijl er voldoende andere prooidieren zijn.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

2 Voedselrelaties en kringlopen

LEERDOELEN

6.2.4 Je kunt de groepen organismen in de kringloop van stoffen beschrijven.
6.2.5 Je kunt de kringlopen van water, koolstof en stikstof beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	6.2.4	6.2.5
Onthouden	1acd, 2ab	4a
Begrijpen	1be, 2cde, 5, 11e	3, 4bcd, 5, 11b
Toepassen	6ab, 7, 11a	8, 9
Analyseren	6c, 10, 11cd	10

Als een organisme wordt opgegeten, komen de energierijke stoffen terecht in de volgende schakel van de voedselketen. In een ecosysteem doorloopt elke stof een kringloop.

PRODUCENTEN, CONSUMENTEN EN REDUCENTEN

In planten vindt fotosynthese plaats. Je kunt de fotosynthese weergeven in een vergelijking:

water + koolstofdioxide + licht → glucose + zuurstof

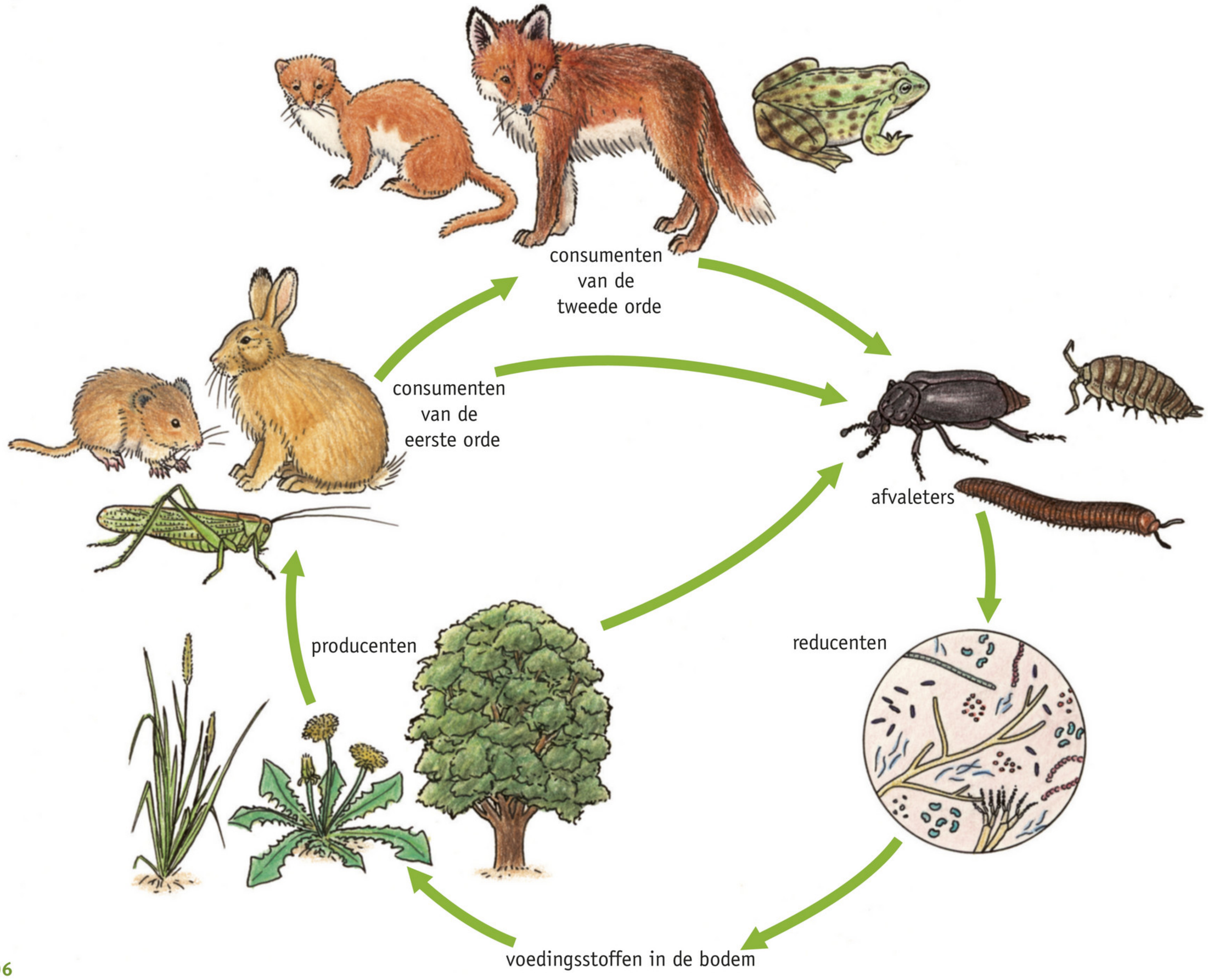
De glucose die bij de fotosynthese ontstaat, gebruikt de plant om de stoffen te maken waaruit hij zelf bestaat. Hiervoor heeft de plant ook mineralen (voedingsstoffen uit de bodem) nodig. Planten maken (produceren) het voedsel voor alle andere organismen. Je noemt planten daarom **producenten**. Producenten vormen altijd de eerste schakel in een voedselketen.
Dieren eten (consumeren) de stoffen die door planten zijn gemaakt. Dieren noem je daarom **consumenten**. Dieren bevinden zich in de tweede en volgende schakels van een voedselketen. Planteneters vormen de tweede schakel in een voedselketen, in de derde en volgende schakels komen de vleeseters. In een voedselketen worden de producenten gegeten door **consumenten van de eerste orde**. Zij worden op hun beurt gegeten door **consumenten van de tweede orde**, enzovoort.

Niet alle planten en dieren worden gegeten. Ze kunnen ook gewoon doodgaan. De dode resten van planten en dieren worden als voedsel gebruikt door **afvaleters** (zie afbeelding 1). De resten die de afvaleters achterlaten, worden verder afgebroken (gereduceerd) door bacteriën en schimmels. Je noemt bacteriën en schimmels daarom **reducenten**.

Afb. 1 Afvaleters.

In de natuur maken alle stoffen een **kringloop** door (zie afbeelding 2). Reducenten zetten de stoffen uit de dode resten van organismen om in koolstofdioxide, mineralen en water. Koolstofdioxide en water kunnen weer door producenten worden opgenomen en bij de fotosynthese worden gebruikt. Ook de mineralen kunnen weer door producenten worden opgenomen. Stoffen van planten komen dus via dieren, afvaleters, bacteriën en schimmels uiteindelijk weer bij planten terecht.

Afb. 2 De kringloop van stoffen.



AUTOTROOF EN HETEROTROOF

Stoffen uit de levenloze natuur, zoals water en koolstofdioxide, bevatten weinig energie. Planten kunnen deze energiearme stoffen door fotosynthese omzetten in energierijke stoffen, zoals glucose. Daardoor heeft elke voedselketen als eerste schakel een plantensoort. Planten voeden zich niet met andere organismen. De energie die ze nodig hebben, halen ze uit zonlicht. Planten worden daarom **autotroof** (*autos* = zelf, *trophein* = voeden) genoemd.

Dieren, schimmels en de meeste bacteriën hebben geen bladgroen. Deze organismen voeden zich met andere organismen. Daarom worden deze organismen **heterotroof** (*heteros* = ander) genoemd. Heterotrofe organismen kunnen zelf geen energierijke stoffen maken uit energiearme stoffen. Ze moeten energierijke stoffen binnenkrijgen met hun voedsel.

DE WATERKRINGLOOP

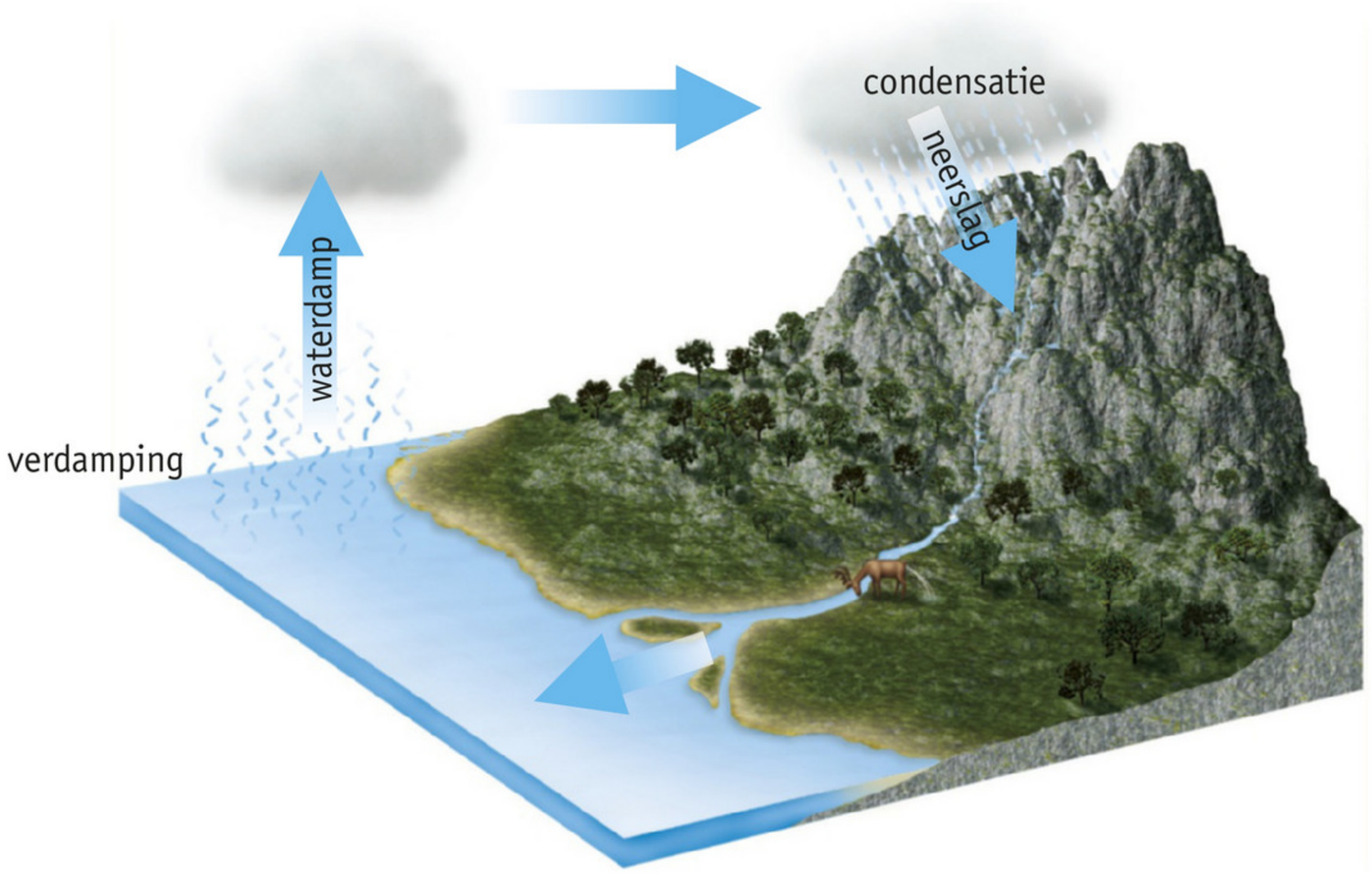
Alle organismen hebben water nodig om te kunnen leven. Je krijgt water binnen als je drinkt of eet. Water verlaat je lichaam met de urine, met zweet of door uitademen.

In de natuur doorloopt water een kringloop (zie afbeelding 3). Het meeste water bevindt zich in de oceanen en zeeën. Samen bedekken deze ongeveer 75% van het aardoppervlak.

In de oceanen en zeeën vindt verdamping van water plaats, vooral als het warm is. Deze waterdamp stijgt op. Hoog in de lucht wordt het kouder, waardoor de waterdamp condenseert (kleine druppels vormt). Zo ontstaan wolken. Als de druppels in de wolken groter worden, gaat het regenen.

Door neerslag (regen, sneeuw of hagel) keert het water dat is verdampt uit de oceanen en zeeën terug op het aardoppervlak. Het water verzamelt zich in rivieren en stroomt terug naar de oceanen en zeeën.

Afb. 3 De waterkringloop.



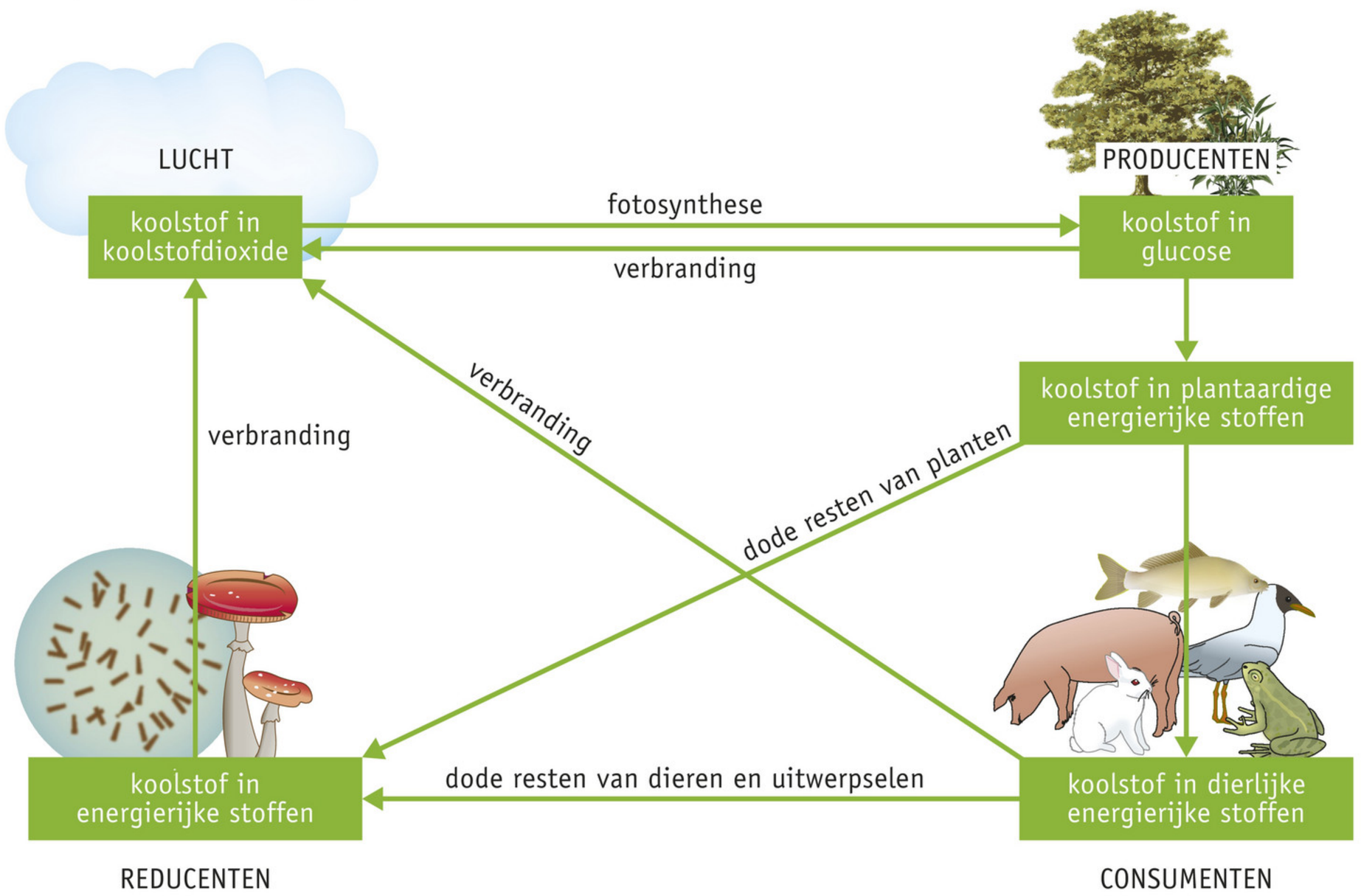
DE KOOLSTOFKRINGLOOP

In afbeelding 4 is de kringloop van koolstof weergegeven. In deze afbeelding zie je in welke vorm koolstof voorkomt in de lucht, in planten, in dieren en in bacteriën en schimmels.

In de lucht komt koolstofdioxide voor. Koolstofdioxide bestaat uit deeltjes zuurstof en deeltjes koolstof. Planten nemen koolstofdioxide op uit de lucht. Bij de fotosynthese maken ze hiermee glucose en zuurstof. De koolstof uit het koolstofdioxide wordt dan opgenomen in glucose.

Glucose is een energierijke stof die in je lichaam als brandstof wordt verbruikt. De energie in de glucose komt dan vrij. Ook planten gebruiken een deel van de glucose die ze vormen als brandstof. In cellen zonder bladgroen en in het donker wordt glucose verbrand om energie vrij te maken. Hierbij ontstaat koolstofdioxide, dat de planten afgeven aan de lucht. Een ander deel van de gevormde glucose gebruikt de plant om allerlei andere energierijke stoffen te maken (eiwitten, koolhydraten en vetten). De koolstofdeeltjes komen zo terecht in energierijke plantaardige stoffen.

Afb. 4 De koolstofkringloop.



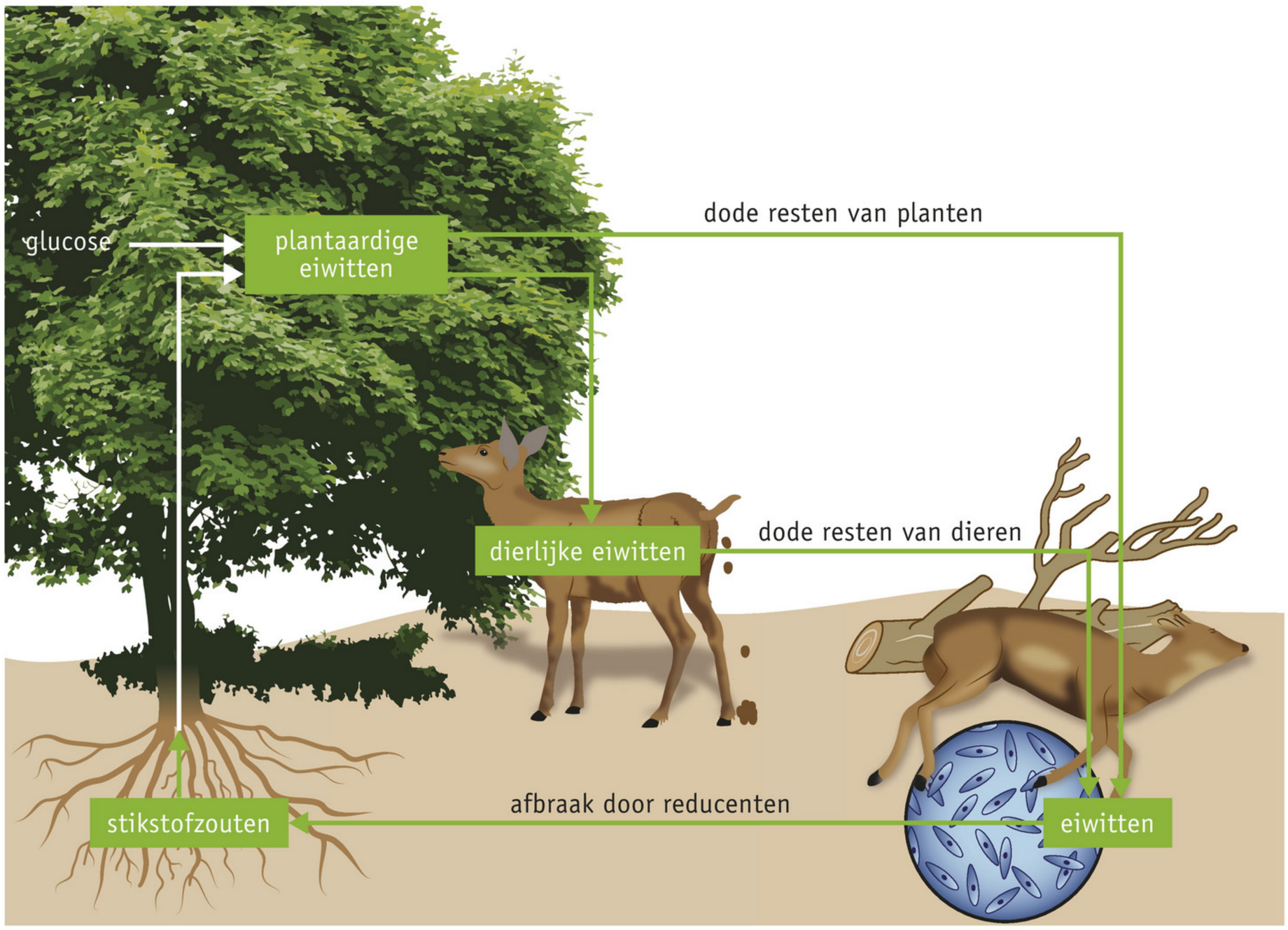
Als een plant door een dier wordt gegeten, komen de energierijke stoffen uit de planten in het dier terecht. Een deel van deze stoffen dient als brandstof in de cellen van het lichaam van dieren. Hierbij ontstaat ook koolstofdioxide, dat aan de lucht wordt afgegeven. Een ander deel van de energierijke stoffen dient als bouwstof. De koolstof komt nu voor in de energierijke stoffen van dieren (eiwitten, koolhydraten en vetten). Het restant van de plantaardige stoffen wordt niet verteerd; dit deel verlaat het lichaam van het dier met de uitwerpselen.

Een dier kan op zijn beurt worden gegeten door een ander dier of door een mens. Zo kan de koolstof van het ene organisme terechtkomen in het andere organisme.
Planten en dieren sterven ook zonder te worden gegeten. De stoffen in de dode resten van organismen en in de uitwerpselen van dieren worden opgenomen door reducenten. De bacteriën en schimmels verbruiken het grootste deel van de opgenomen energierijke stoffen als brandstoffen bij de verbranding. Hierbij ontstaat weer koolstofdioxide, dat aan de lucht wordt afgegeven.

DE STIKSTOFKRINGLOOP

In afbeelding 5 is de kringloop van stikstof weergegeven. **Stikstofzouten** zijn mineralen in de bodem die stikstofdeeltjes bevatten. Stikstofzouten lossen op in water. In het water dat planten met hun wortels opnemen, zitten daardoor stikstofzouten. Planten hebben stikstofzouten nodig om **eiwitten** te kunnen maken. Hiervoor hebben ze ook een deel nodig van de glucose die is ontstaan bij de fotosynthese.
Als dieren planten eten, krijgen ze eiwitten van planten binnen. In hun darmen breken ze de eiwitten af. De stoffen die daarbij ontstaan, gebruiken ze om hun eigen eiwitten te maken. Bacteriën en schimmels breken de eiwitten af die voorkomen in de resten van planten en dieren. Daarbij ontstaan uiteindelijk weer stikstofzouten die in de bodem terechtkomen (zie afbeelding 5).

Afb. 5 De stikstofkringloop.



WEL EN NIET AFBREEKBAAR

Reducenten breken de dode resten en uitwerpselen van planten en dieren af. Dat noem je biologische afbraak. Het afval van planten en dieren is **biologisch afbreekbaar** (zie afbeelding 6.1).
De mens maakt producten van delen van planten of dieren. Afval dat afkomstig is van deze producten, is ook biologisch afbreekbaar. Voorbeelden van zulk afval zijn broodkorsten en papier.
Mensen maken ook producten van glas, metaal en steen. Afval van deze producten is niet biologisch afbreekbaar. Je noemt het **niet-biologisch afbreekbaar afval** (zie afbeelding 6.2). Ook kunststoffen, die worden gemaakt van aardolie, zijn niet biologisch afbreekbaar.

Afb. 6 Afval.

1 biologisch afbreekbaar

2 niet biologisch afbreekbaar

PLASTICSOEP

Jaarlijks komt vijf tot twaalf miljoen ton plastic in zee terecht (zie afbeelding 7.1).
Producten van kunststof blijven jarenlang bestaan. Sommige kunststoffen verbrokkelen na verloop van tijd tot kleinere stukjes (zie afbeelding 7.2). In de grote oceanen drijven eilanden van plasticafval zo groot als Frankrijk, sommige nog veel groter. Dat wordt de **plasticsoep** genoemd. Een deel van dit afval is goed zichtbaar, maar de kleinste stukjes kunststof zijn niet meer te zien. Dat komt doordat de kunststof onder invloed van zonlicht en golven uiteenvalt in microscopisch kleine deeltjes (microplastic).
Krabben, vissen en andere dieren zien het plastic aan voor voedsel en eten het op. Op deze manier komen deeltjes plastic in de voedselketen terecht. Uiteindelijk bereikt het plastic via de voedselketen roofvissen, vogels en zeehonden. De accumulatie leidt onder andere tot vergiftiging en verstoring van de hormoonhuishouding. Via schelpdieren en vissen komt het plastic ook in het lichaam van mensen terecht.

Afb. 7 Jaarlijks komen miljoenen tonnen plastic in zee terecht.

1 plasticsoep

2 Eén kilogram Noordzeestrand bevat zo'n 150 deeltjes plastic.

KENNIS

1

a Welke twee stoffen heeft een plant nodig om de stoffen te maken waaruit hij zelf bestaat?

b Op bomen, stenen en op droge zandgrond groeien korstmossen. Ze bestaan uit wieren en schimmels. In Noord-Scandinavië leven rendieren voornamelijk van deze korstmossen.
De korstmossen zijn *consumenten* / *producenten* / *reducenten* en de rendieren *consumenten* / *producenten* / *reducenten*.

c Welke organismen zijn reducenten?

d Een vleeseter kan voorkomen in de *eerste* / *tweede* / *derde en hogere* schakel van een voedselketen.
Planteneters kunnen voorkomen in de *eerste* / *tweede* / *derde en hogere* schakel van een voedselketen.

e In welke schakels van een voedselketen kunnen afvaleters voorkomen?

2

a Wanneer noem je een organisme autotroof?

b Wanneer noem je een organisme heterotroof?

c Autotrofe organismen nemen
alleen / *zowel* / *energiearme stoffen* / *als* / *energierijke stoffen* op uit hun milieu.

d Heterotrofe organismen nemen
alleen / *zowel* / *energiearme stoffen* / *als* / *energierijke stoffen* op uit hun milieu.

e Vul de tabel in.

	Autotrofe organismen	Heterotrofe organismen
Hebben de organismen bladgroen?	*ja* / *nee*	*ja* / *nee*
Vindt er in de organismen fotosynthese plaats?	*ja* / *nee*	*ja* / *nee*
Vindt er in de organismen verbranding plaats?	*ja* / *nee*	*ja* / *nee*

3

a Zet de gebeurtenissen van de koolstofkringloop in de juiste volgorde.

..... Bacteriën en schimmels geven koolstofdioxide af aan de lucht.

..... Bacteriën en schimmels verbruiken energierijke stoffen bij de verbranding.

..... Bij de fotosynthese wordt koolstofdioxide verbruikt en ontstaat glucose.

..... Dierlijke energierijke stoffen worden door bacteriën en schimmels opgenomen.

..... Een dier sterft.

1 Een plant neemt koolstofdioxide op uit de lucht.

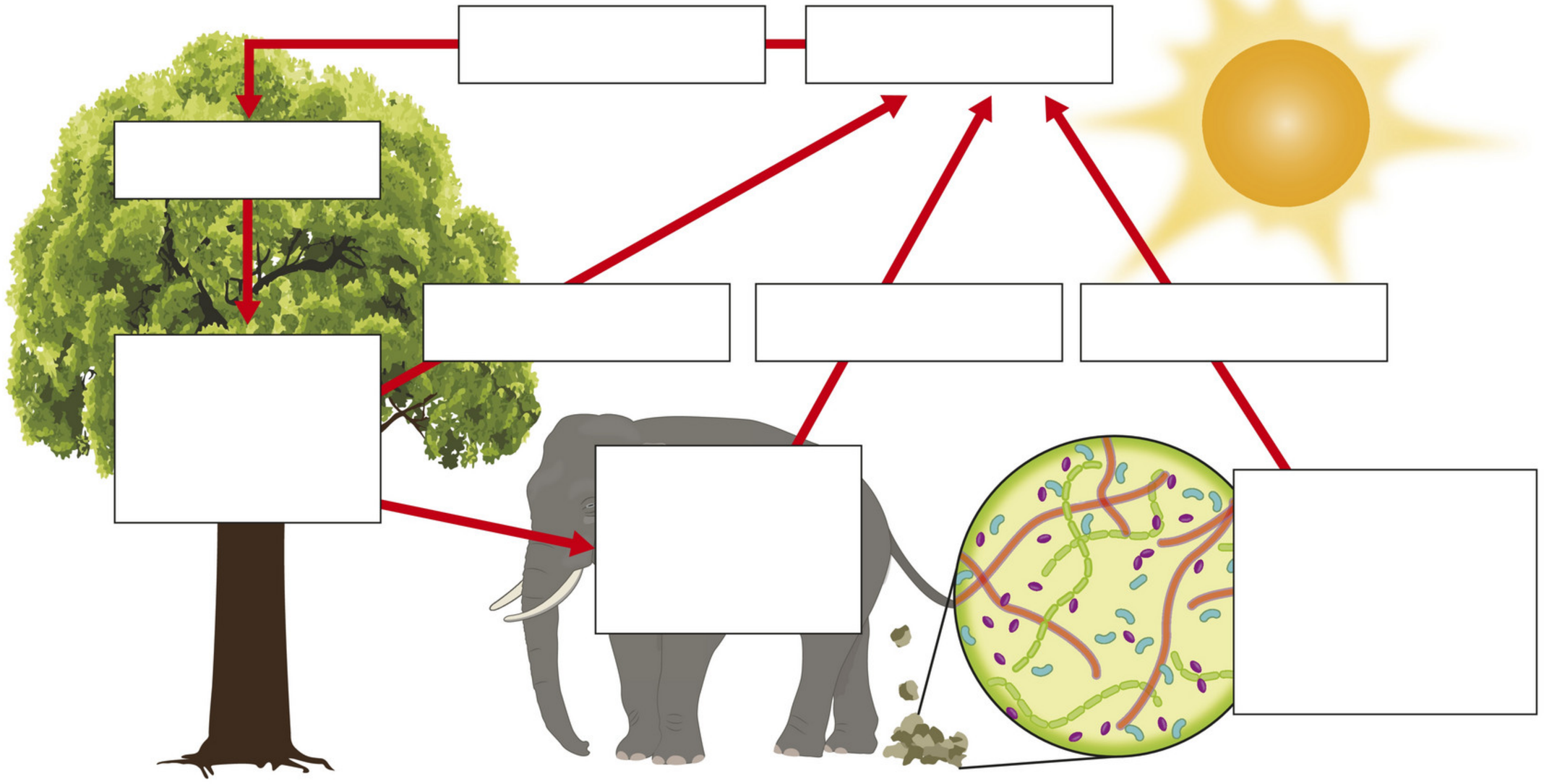
..... Een plant wordt gegeten door een dier.

..... Glucose wordt omgezet in energierijke stoffen in de plant.

..... Plantaardige energierijke stoffen worden omgezet in dierlijke energierijke stoffen.

b In afbeelding 8 is een deel van de koolstofkringloop getekend.
Vul de vakken in. Gebruik daarbij: *dierlijke energierijke stoffen – energierijke stoffen in bacteriën en schimmels – fotosynthese – glucose – koolstofdioxide – plantaardige energierijke stoffen – verbranding* (3×).

Afb. 8 Een deel van de koolstofkringloop.



4

a In welke stoffen komt stikstof voor in organismen?
b Hoe komt de stikstof in planten terecht?
c Welke rol spelen reducenten in de stikstofkringloop?
d Zet de gebeurtenissen van de stikstofkringloop in de juiste volgorde.

..... Bacteriën en schimmels breken eiwitten af uit resten van planten en dieren.

..... Dieren breken plantaardige eiwitten af in hun darmen en maken hun eigen eiwitten.

..... Dieren nemen via het eten van planten stikstof op.

..... Planten en dieren gaan dood.

..... Planten maken eiwitten van stikstofzouten en glucose.

..... Planten nemen stikstofzouten op via de wortels.

1 Stikstofzouten lossen op in water.

..... Uit de resten van planten en dieren ontstaan stikstofzouten.

5

Samenvatting

Teken stroomschema's van de kringloop van stoffen, de kringloop van water, de kringloop van koolstof en de kringloop van stikstof.

De kringloop van stoffen

De kringloop van water

De kringloop van koolstof

De kringloop van stikstof

INZICHT

6 In een leerboek biologie uit Oekraïne staat afbeelding 9. De afbeelding stelt een schema van stoffen voor.

a Wat staat er in de vakken?

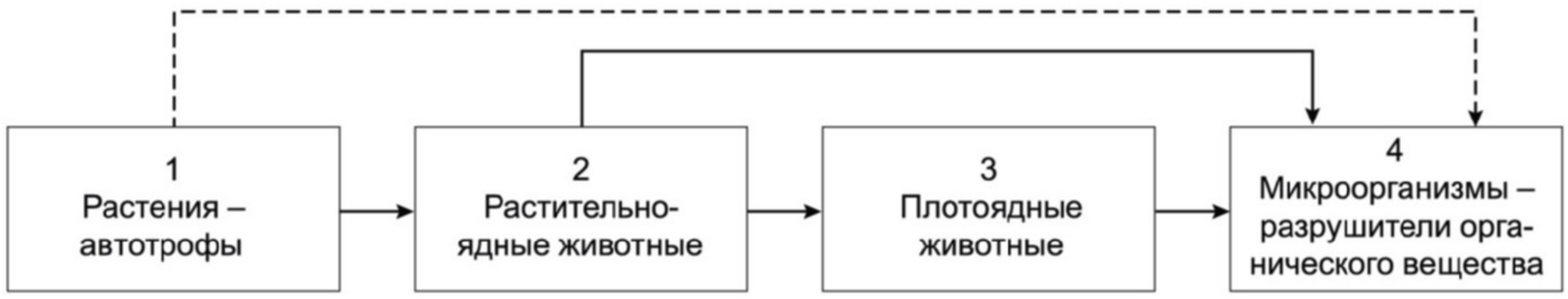
A	vak 1	○	○ 1 consumenten van de eerste orde
B	vak 2	○	○ 2 consumenten van de tweede orde
C	vak 3	○	○ 3 producenten
D	vak 4	○	○ 4 reducenten

b Planteneters behoren tot *vak 1* / *vak 2* / *vak 3* / *vak 4* en vleeseters tot *vak 1* / *vak 2* / *vak 3* / *vak 4*.

c Welk onderdeel zou aan het Oekraïense schema moeten worden toegevoegd om er een kringloop van te maken?

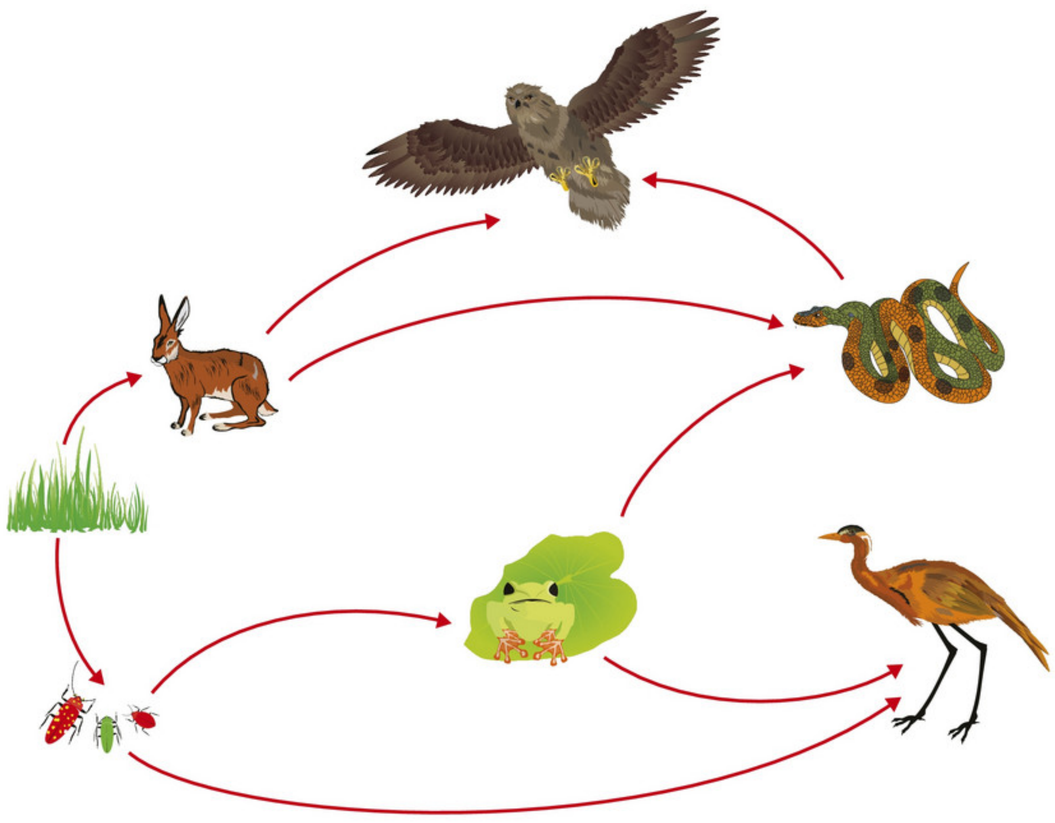
○ A afvaleters
○ B mineralen
○ C reducenten
○ D zonlicht

Afb. 9 Schema van stoffen uit een Oekraïens schoolboek.



7 Een dier kan consument van verschillende orden zijn.
Welke dieren in afbeelding 10 kunnen zowel een consument van de tweede orde als een consument van de derde orde zijn? Leg je antwoord uit.

Afb. 10 Een voedselweb in een bos.



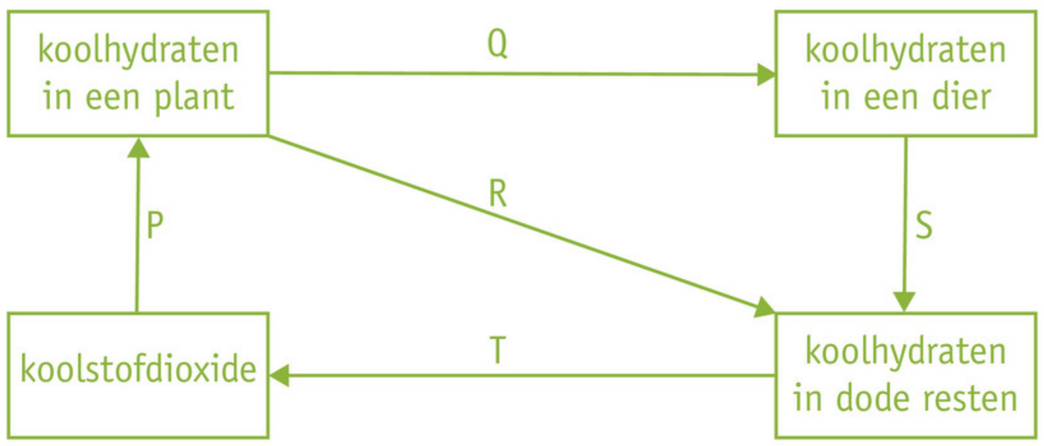
8 In afbeelding 11 zie je een schema met enkele processen van de koolstofkringloop.

a Welke pijl stelt de fotosynthese voor?

- ○ A pijl P
- ○ B pijl Q
- ○ C pijl R
- ○ D pijl S
- ○ E pijl T

b Welke pijl geeft de omzetting aan die door reducenten wordt uitgevoerd? Leg je antwoord uit.

Afb. 11 Een koolstofkringloop.



9

a In plastic zit koolstof.
Leg uit dat plastic toch geen deel uitmaakt van de koolstofkringloop.

b Plastic wordt gegeten door zeedieren en vogels.
Leg uit dat plastic toch geen voedsel is.

+ 10 Een mestkever is een afvaleter (zie afbeelding 12).
Het lichaam van een mestkever bestaat onder andere uit koolhydraten en eiwitten.
Beschrijf hoe koolstofdeeltjes uit koolstofdioxide in de lucht terechtkomen in koolhydraten en hoe stikstofdeeltjes uit stikstofzouten terechtkomen in de eiwitten van een mestkever.

Afb. 12 Een mestkever met een bol mest.

SAMENHANG wetenschap

PLASTIC TE LIJF MET RUPSEN EN ENZYMEN

Afb. 13 Een rups die plastic eet.

Jaarlijks komen er miljarden kilo's plasticafval in het milieu terecht. In de natuur wordt plastic nauwelijks afgebroken. Plastic tasjes bijvoorbeeld kunnen het wel 100 tot 400 jaar volhouden. Vandaar dat er veel onderzoek wordt gedaan naar mogelijkheden om plastic af te breken. Onderzoekers uit Groot-Brittannië en Spanje stuitten in 2016 toevallig op een rups die plastic kan eten. Het beestje is de larve van de grote wasmot (*Galleria mellonella*), een nachtvlinder die zijn eitjes in bijenwas legt. Als de rupsen zijn uitgekomen, eten ze de bijenwas waarin ze zijn genesteld. De rupsen blijken echter ook plastic tasjes te eten (zie afbeelding 13). Aanvankelijk dachten de onderzoekers dat de rupsen een enzym hadden dat het plastic kan verteren. Maar later onderzoek kon dit niet duidelijk bevestigen.

Ongeveer gelijktijdig werd door Britse en Amerikaanse onderzoekers wél een plastic afbrekend enzym ontdekt. Ze slaagden er zelfs in om het enzym zo te muteren dat het actiever werd en het plastic nog sneller afbreekt. De wetenschappers proberen het enzym nu verder te verbeteren, zodat het op industriële schaal kan worden gebruikt om plastic te verwerken tot nieuwe bouwstoffen.

Bronnen: Nemo Kennislink; Algemeen Dagblad.

11 Lees de tekst 'Plastic te lijf met rupsen en enzymen'.

a Zijn de rupsen die plastic eten autotroof of heterotroof? Gebruik in je antwoord het woord 'rijk'.

b Bioplastic is een alternatief voor gewoon plastic. Bioplastic wordt gemaakt van maisstengels, suikerriet of zeewier en kan worden afgebroken door reducenten. Komen de koolstofdeeltjes uit bioplastic na afbraak door reducenten alleen in de koolstofkringloop of ook in de stikstofkringloop terecht? Leg je antwoord uit.

c Zal door het gebruik van bioplastic de plasticsoep in de wereldzeeën kleiner worden? Leg je antwoord uit.

d Ondanks de ontdekking van een plastic afbrekend enzym, zal het plasticafvalprobleem op korte termijn niet kunnen worden opgelost.
Noteer ten minste twee oplossingen voor het plasticafvalprobleem die op korte termijn wel werken.

e Maak een tekening van de levenscyclus van de grote wasmot. Zet de namen bij de verschillende stadia.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

3 Samenleven

LEERDOELEN

6.3.6 Je kunt uitleggen wat een biologisch evenwicht is.
6.3.7 Je kunt uitleggen hoe soorten afhankelijk zijn van elkaar voor voedsel, een schuilplaats en voortplanting.

► Practicum 2

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	6.3.6	6.3.7	6.1.1*	6.2.4*
Onthouden	2a	3abc, 4bcd		
Begrijpen	1, 2bcd, 5	3d, 4a, 5, 11b		
Toepassen	2e, 6, 11a	7ab, 8a, 9ac		9d
Analyseren	7d, 10	7c, 8b, 9b, 11cd	11c	

* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.

In een ecosysteem is een populatie van een bepaalde soort niet steeds even groot. Bij gunstige omstandigheden kan een populatie groter worden, bij ongunstige omstandigheden zal een populatie kleiner worden.

EVENWICHT

De biotische en abiotische factoren hebben invloed op de grootte van een populatie. Biotische factoren die een populatie beïnvloeden, zijn bijvoorbeeld de beschikbare hoeveelheid voedsel, de aantallen natuurlijke vijanden en de aanwezige ziekteverwekkers. Abiotische factoren zijn bijvoorbeeld bodem, licht, lucht (bijvoorbeeld wind), temperatuur en water (neerslag).

Als alle biotische en abiotische factoren in een ecosysteem de meest gunstige waarden hebben, zijn er **optimale omstandigheden**. De kans is dan groot dat een populatie groeit. Dat is bijvoorbeeld het geval als er voldoende voedsel is en er maar weinig natuurlijke vijanden zijn. Door ongunstige omstandigheden kunnen individuen sterven. Daardoor kan een populatie kleiner worden.

De **populatiegrootte** is het aantal organismen van dezelfde soort dat in een bepaald gebied leeft. In veel ecosystemen worden de populaties soms groter, dan weer kleiner. Bij de meeste populaties schommelt de populatiegrootte door de jaren heen om een evenwichtswaarde. Dat noem je een **biologisch evenwicht**. In afbeelding 1 zie je het biologisch evenwicht tussen rupsen en koolmezen.

Afb. 1 Biologisch evenwicht tussen rupsen en koolmezen.

1e jaar
- In een bos leeft een populatie koolmezen van rupsen.

2e jaar
- Door een koud voorjaar zijn er weinig rupsen.
- De koolmezen brengen weinig jongen voort.

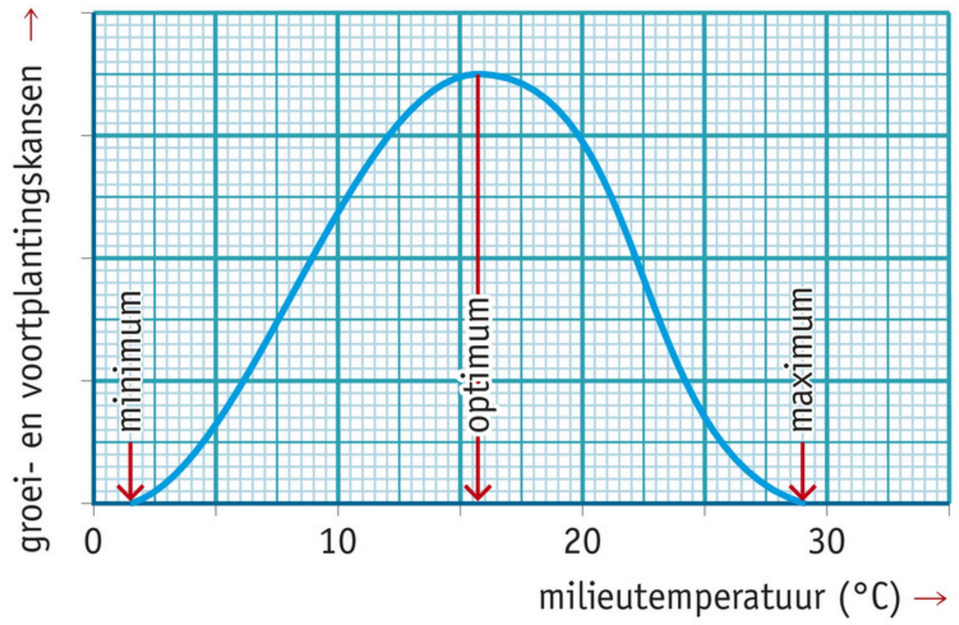
3e jaar
- Er zijn weinig koolmezen.
- Er zijn veel rupsen.
- De koolmezen brengen veel jongen voort.

4e jaar
- normale omstandigheden

OPTIMUMKROMME

De abiotische factoren in een ecosysteem zijn niet constant. In woestijnen kan de temperatuur overdag wel 50 °C verschillen van de temperatuur 's nachts. Woestijnplanten moeten zulke sterke schommelingen kunnen verdragen. Woestijndieren kunnen de sterkste schommelingen vermijden door weg te kruipen op een beschutte plek.
Elk organisme kan schommelingen in de milieutemperatuur maar in bepaalde mate verdragen. Veel soorten vis in Nederland kunnen bijvoorbeeld niet in leven blijven beneden een temperatuur van 4 °C of boven een temperatuur van 28 °C. Bij een temperatuur van 16 °C hebben ze de grootste kans om in leven te blijven en nakomelingen te krijgen.
In afbeelding 2 is het verband tussen de milieutemperatuur en de groei- en voortplantingskansen van een vissoort weergegeven in een diagram. In het diagram zie je een minimum-, een optimum- en een maximumtemperatuur. Zo'n lijn in een diagram wordt een **optimumkromme** genoemd.

Afb. 2 Het verband tussen de milieutemperatuur en de groei- en voortplantingskansen van een vissoort.



SAMENLEVEN

Binnen een populatie heeft elk individu relaties met een groot aantal soortgenoten. Individuen hebben ook relaties met individuen van andere soorten. Daarnaast zijn er relaties tussen populaties. Een relatie kan gericht zijn op **concurrentie** (competitie) of op **samenwerking**. Er is bijvoorbeeld concurrentie als individuen of populaties strijden om voedsel, om een partner of om een veilige plek. Samenwerking zie je bijvoorbeeld bij een troep leeuwen die samen jagen op een prooi (zie afbeelding 3).

Afb. 3 Samenwerking bij leeuwen.

RELATIES BINNEN EEN POPULATIE

Bij dieren die in groepen leven, zie je vaak een **rangorde**. Eén dier is de baas, bijvoorbeeld het oudste vrouwtje bij een kudde olifanten. Doordat elk dier zijn plek weet, zijn er minder gevechten. Ook een territorium vermindert de kans op gevechten. Een **territorium** is een gebied dat verdedigd wordt tegen soortgenoten. Een territorium kan dienen als jachtgebied, maar ook als ruimte voor het grootbrengen van de jongen.

Individuen van dezelfde soort moeten samenwerken om zich voort te planten. Bij de voortplanting treedt **paarvorming** op tussen een mannetje en een vrouwtje. Bij sommige soorten vindt elk jaar opnieuw paarvorming plaats, maar er zijn ook soorten waarbij een mannetje en een vrouwtje hun hele leven bij elkaar blijven. Dit is bijvoorbeeld het geval bij zwanen (zie afbeelding 4).

Afb. 4 Een zwanenpaar met kuikens.

RELATIES TUSSEN SOORTEN

Tussen populaties van verschillende soorten is vaak weinig concurrentie, doordat de soorten zich specialiseren. Zowel torenvalken, steenuilen als ransuilen eten veldmuizen, maar torenvalken jagen overdag, steenuilen in de schemering en ransuilen ’s nachts. Zo heeft elke soort zijn eigen rol binnen een ecosysteem. De rol die een soort heeft in een ecosysteem noem je zijn **niche**.

Individuen van verschillende soorten kunnen langdurige relaties met elkaar onderhouden. Zo’n samenlevingsvorm noem je **symbiose**. Er zijn verschillende vormen. Beide soorten kunnen voordeel hebben van de symbiose. Dit heet **mutualisme**. Dit zie je bijvoorbeeld bij korstmossen, waarbij een schimmel samenleeft met algen (zie afbeelding 5).
Bij andere vormen van symbiose heeft slechts een van beide individuen voordeel. Als het andere individu geen voordeel en geen nadeel heeft, noem je dat **commensalisme**. Een voorbeeld daarvan zijn boomalgen op de stam van een boom.
Als een van beide individuen nadeel ondervindt van de samenleving, noem je dat **parasitisme**. Hierbij leeft een individu, de **parasiet**, op of in een individu van een andere soort, de **gastheer**. Parasieten kunnen dieren, planten of schimmels zijn (zie afbeelding 6).

Afb. 5 De bouw van een korstmos (mutualisme).

Afb. 6

1 Teek. Deze spinachtige voedt zich met bloed van dieren en mensen.

2 Warkruid. Deze plant heeft geen bladgroen. Hij onttrekt energierijke stoffen uit de vaten van zijn gastheer.

3 Mierenschimmel. Deze 'zombieschimmel' eet mieren van binnenuit langzaam op en kan het gedrag van de mier veranderen: de mier zoekt een hoge plaats op om te sterven, waardoor de sporen van de schimmel gemakkelijk kunnen worden verspreid.

KENNIS

1

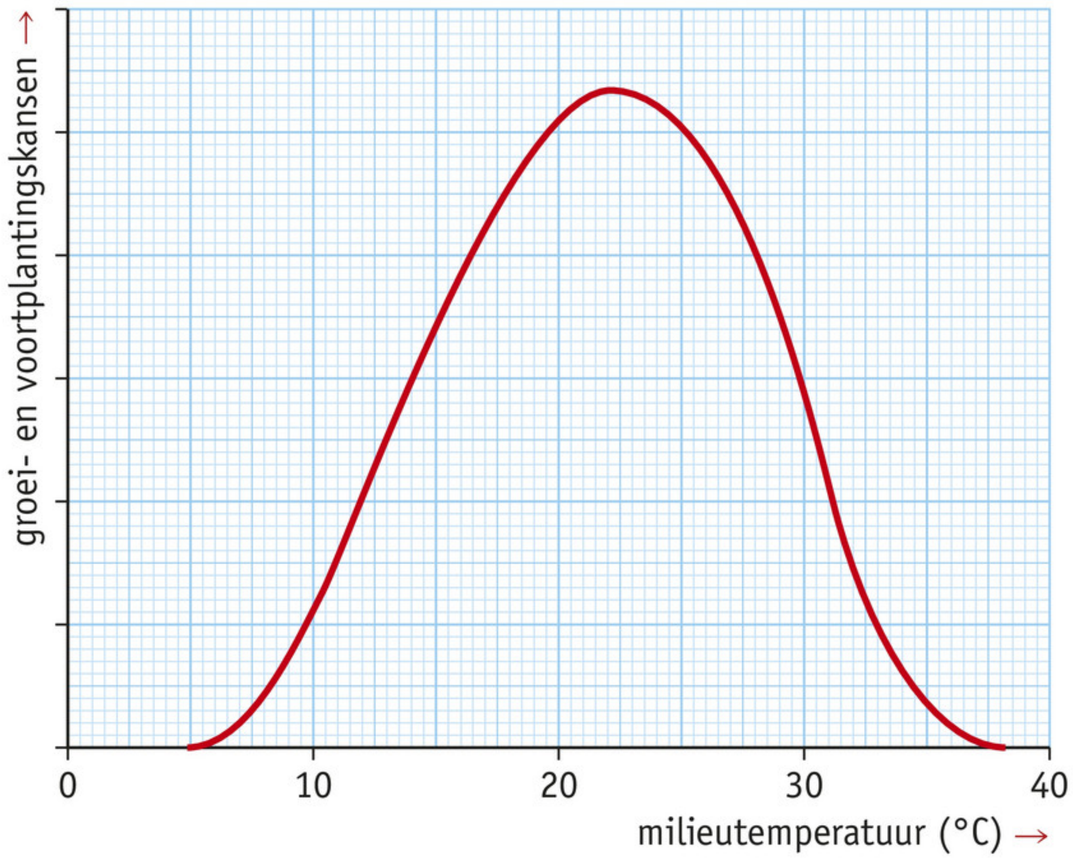
a Wat wordt bedoeld met de populatiegrootte?
b Geef een voorbeeld van een biotische en een abiotische factor waardoor de populatiegrootte kan veranderen.
c Wanneer is sprake van een biologisch evenwicht in een bepaald gebied?
d Wanneer groeit een populatie meestal sterk? Gebruik in je antwoord de woorden 'optimale omstandigheden', 'gunstige waarden' en 'biotische en abiotische factoren'.

2

In afbeelding 7 is in een diagram het verband weergegeven tussen de milieutemperatuur en de groei- en voortplantingskansen van guppy's. Guppy's zijn zoetwatervissen die veel in aquaria worden gehouden.

a Het diagram van afbeelding 7 is een .....
b Wat is de minimumtemperatuur voor guppy's? ..... °C
c Leg uit wat het begrip 'minimumtemperatuur' inhoudt voor guppy's.
d Bij welke temperatuur kan een viskweker het best guppy's kweken? Leg je antwoord uit.
e Leg uit dat het niet verstandig is een aquarium met guppy's op een warme dag in de zon te zetten.

Afb. 7 Het verband tussen de milieutemperatuur en de groei- en voortplantingskansen van guppy's.



3

a Bij dieren die in groepen leven, is er soms één de baas en kennen alle dieren hun plek in de groep. Dit heet .....

b Bij de voortplanting vindt een mannetje een vrouwtje. Dit heet .....

c Een mannetjesvis verdrijft andere mannetjes uit een gebied in de sloot en bouwt daar zijn nest. Dit gebied heet een .....

d Hoe kan in een populatie de concurrentie tussen soortgenoten worden verminderd? Noteer twee manieren.

4

a Wat betekent het begrip 'niche'? Geef bij je uitleg ook een voorbeeld van een niche.

b Wat wordt bedoeld met symbiose?

c Noteer drie vormen van symbiose en beschrijf bij elke vorm de relatie tussen de organismen.

d Organisme 1 leeft ten koste van organisme 2.

- Hoe noem je organisme 1? .....
- Hoe noem je organisme 2? .....

5

Samenvatting

Biologisch evenwicht: .....

.....

.....

Optimumkromme: .....

.....

.....

Populatiegrootte: .....

.....

.....

Relaties tussen individuen of populaties:

- .....

  .....
- .....

  .....

Niche: .....

Symbiose: .....

- Mutualisme: .....
- Commensalisme: .....
- Parasitisme: .....

INZICHT

6 In afbeelding 8 is in een diagram het verband weergegeven tussen de milieutemperatuur en de ontwikkelingskansen van de eieren van een forel en van een kikker.

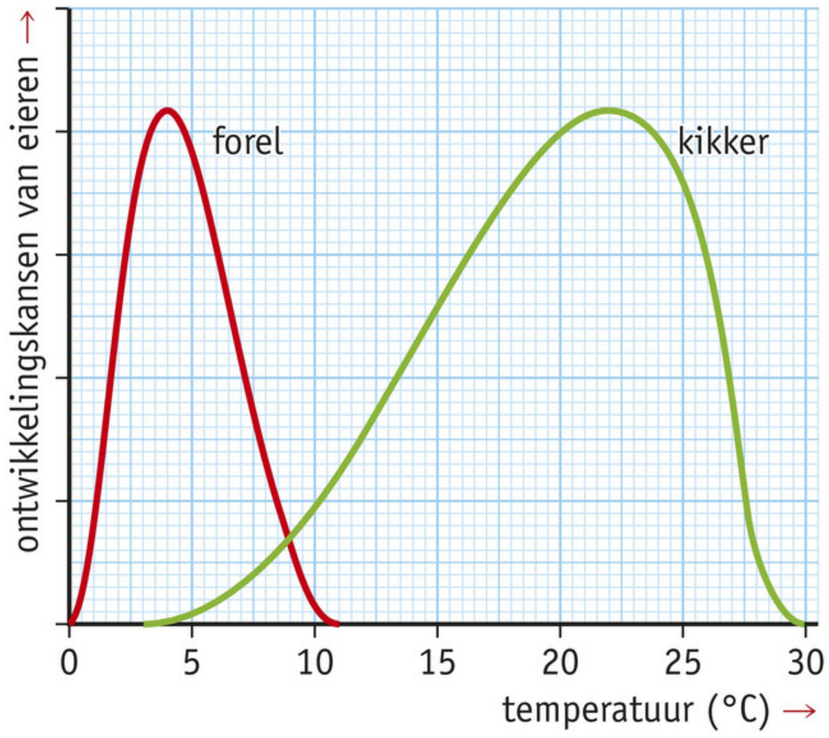
a De optimumtemperatuur voor de ontwikkeling van de eieren van een forel is ..... °C en voor de ontwikkeling van de eieren van een kikker ..... °C.

b Van deze soorten zet de *forel* / *kikker* zijn eieren af in de meest noordelijk gelegen wateren.

c In een bepaald ecosysteem schommelt de watertemperatuur tussen de 5 en 15 °C.
Zullen de eieren van een forel zich in dit ecosysteem kunnen ontwikkelen? Leg je antwoord uit.

d Zullen de eieren van een kikker zich in dit ecosysteem kunnen ontwikkelen? Leg je antwoord uit.

Afb. 8 Het verband tussen de milieutemperatuur en de ontwikkelingskansen van de eieren van een forel en van een kikker.



7 Afbeelding 9 geeft de belangrijkste voedselrelaties op een savanne in Afrika weer.

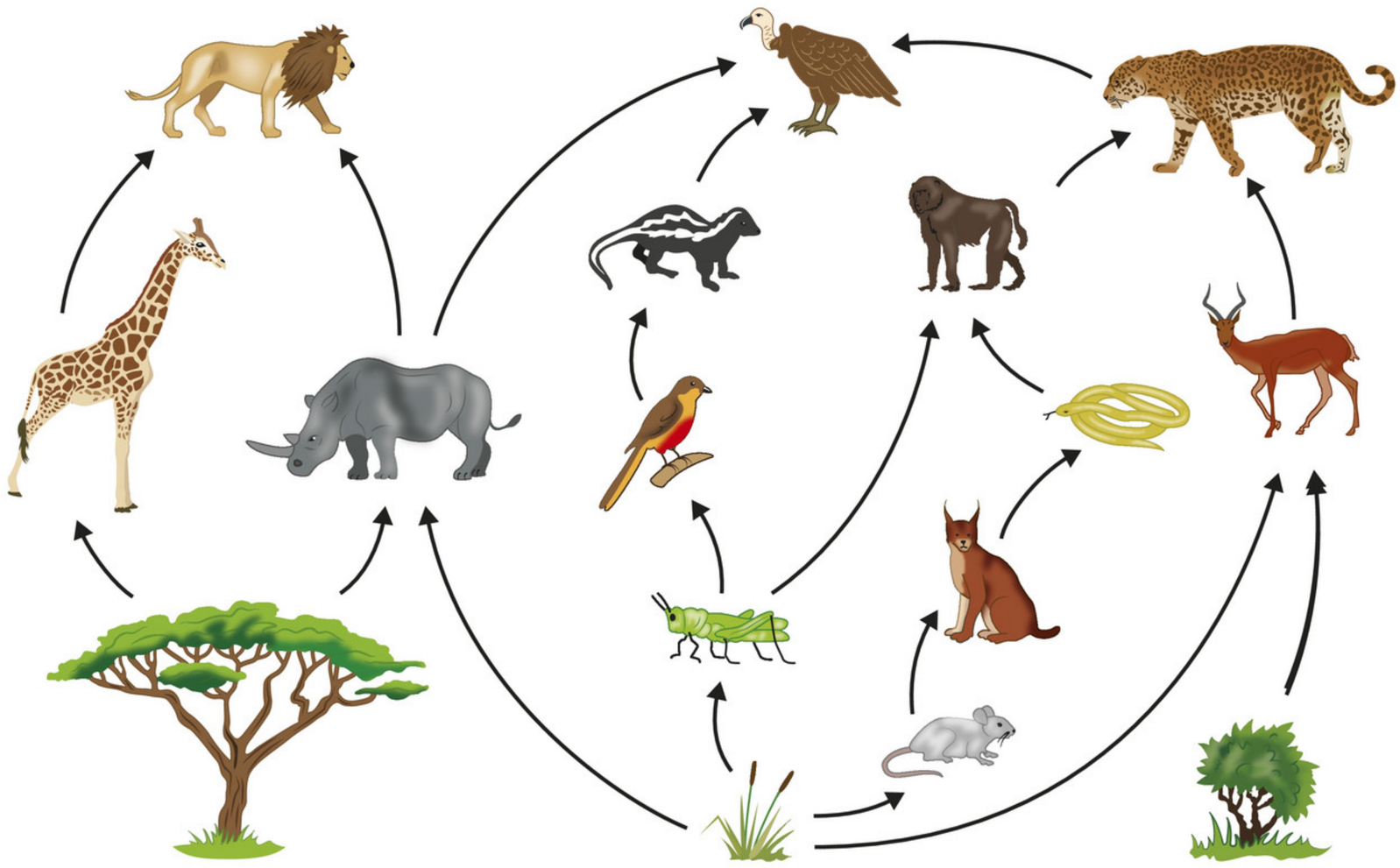
a Tussen de neushoorn en de giraffe is sprake van *concurrentie* / *samenwerking*.

b Leeuwen jagen meestal in een groep. Mannetjes die verstoten zijn en niet meer bij de groep horen, worden 'solitaire leeuwen' genoemd. Die mannetjes leven een zwervend bestaan.
- Tussen de leeuwen in dezelfde groep is sprake van *concurrentie* / *samenwerking*.
- Tussen solitaire leeuwen en de groep waaruit ze zijn verstoten, is sprake van *concurrentie* / *samenwerking*.

c Solitaire leeuwen leven meestal korter dan leeuwen in een groep.
Geef hiervoor een verklaring.

d Als het aantal neushoorns toeneemt, ontstaan er veranderingen in de vegetatie (plantengroei) en in de populatiegrootte van andere dieren op de savanne.
Als het aantal neushoorns toeneemt, neemt de hoeveelheid gras *af* / *toe*. Daardoor neemt het aantal muizen *af* / *toe* en het aantal sprinkhanen *af* / *toe*. Het aantal giraffen neemt *af* / *toe* en het aantal gieren neemt *af* / *toe*.

Afb. 9 Voedselrelaties op een savanne in Afrika.



8

Poetsvissen (*Labroides dimidiatus*) zijn vissen die het lichaamsoppervlak, de kieuwen en zelfs de binnenkant van de bek van andere vissen ontdoen van parasieten (zie afbeelding 10). Ze eten de parasieten op.
Gewonde of zieke vissen laten zich op een dag meermaals behandelen. Dit vindt plaats op een soort poetsstations. Vissen die gepoetst willen worden, geven dit aan door een bepaalde zwembeweging of een specifieke lichaamshouding, zoals een verticale positie.

a Hoe heet de relatie die een poetsvis heeft met een andere vissoort? Leg je antwoord uit.

b De vissoort *Aspidontus taeniatus* lijkt heel erg op de echte poetsvis. Daardoor kan hij een vis die een poetsbeurt wil dicht benaderen. Maar in plaats van te poetsen bijt hij stukjes gezonde huid van vinnen, slijm of schubben en zwemt vervolgens bliksemsnel weg van het meestal geïrriteerde slachtoffer.
Hoe heet de relatie die de *Aspidontus taeniatus* heeft met een andere vissoort? Leg je antwoord uit.

Afb. 10 Een kogelvis (*Diodon hystrix*) wordt gepoetst door poetsvisjes (*Labroides dimidiatus*).

9

Bremraap is een parasitaire plant (zie afbeelding 11). De botanische naam is orobanche, wat zoiets als ‘erwtenwurger’ betekent. Bremraap is in Nederland en België een zeer zeldzame en beschermde plant.

a Zoals veel parasitaire planten heeft bremraap geen bladgroen. Leg uit waarom niet.

b Uit welk deel van de gastheer onttrekt bremraap de voedingsstoffen? Leg je antwoord uit aan de hand van afbeelding 11.

c De meeste parasitaire planten maken hun gastheer niet dood. Leg uit waarom niet.

d Is bremraap een producent? Leg je antwoord uit.

Afb. 11 Bremraap.

+ 10 Om de grootte van een populatie te schatten, wordt de vangst-terugvangstmethode toegepast.

a In een gebied wordt een aantal dieren gevangen. Dit is de eerste vangst. Deze dieren krijgen een merkteken, bijvoorbeeld een ring om een poot. De dieren worden weer losgelaten en mengen zich tussen de ongemerkte dieren in de populatie. Een tijdje later wordt weer een aantal dieren gevangen: de tweede vangst.
De populatiegrootte kun je dan als volgt berekenen:

$$\frac{\text{aantal gemerkte dieren 2e vangst}}{\text{totaal aantal dieren 2e vangst}} = \frac{\text{totaal aantal dieren 1e vangst}}{\text{hele populatie (P)}}$$

Maak van deze vergelijking een formule om gemakkelijker de hele populatie P te berekenen (P = ...).

b Uit een kikkerpopulatie vangt men 52 dieren. Deze dieren krijgen een dun elastisch ringetje om een poot. Vervolgens worden ze weer losgelaten in de populatie. Na een week vangt men opnieuw kikkers: 43 dieren. Daarvan blijken er 13 geringd te zijn.
Uit hoeveel kikkers bestaat deze populatie? Geef bij je antwoord een berekening.

c Het ringetje dat de kikkers om de poot krijgen, blijkt te strak te zijn. De geringde kikkers zijn daardoor trager dan de ongeringde kikkers en laten zich gemakkelijker vangen. Hierdoor wijkt de berekende grootte af van de werkelijke populatiegrootte.
De berekende grootte is *groter* / *kleiner* dan de werkelijke populatiegrootte.

d Met de vangst-terugvangstmethode wordt een populatie vogels geschat op 500 000 individuen. Er zijn enkele vogels gevangen. Ze hebben een ring om de poot gekregen en zijn vervolgens weer uitgezet. Bij de tweede vangst werden 2496 dieren gevangen, waarvan er 25 een ring hadden.
Uit hoeveel vogels bestond de eerste vangst ongeveer? *250* / *500* / *2500* / *5000*

SAMENHANG leefwereld

NIET TE KOUD EN NIET TE WARM

De voorspelling is dat het in Nederland in 2085 gemiddeld maximaal 3,7 graden warmer dan nu kan worden. Voor zo'n vijfhonderd planten- en bomensoorten is dat te warm. De beuk en de eik zijn nu nog bekende bomen in onze bossen, maar dat zal in de toekomst wellicht veranderen.

Het gaat niet alleen om de planten en bomen die verdwijnen, maar ook om veel dieren die daar weer afhankelijk van zijn. Zo is bijvoorbeeld de vlindersoort gentiaanblauwtje afhankelijk van de blauwe gentiaan. Die plant staat ook onder druk door de stijging van de temperatuur. Als de gentiaan verdwijnt, dan verdwijnt ook het gentiaanblauwtje.

Je kunt proberen om de huidige planten- en bomensoorten te beschermen. Maar volgens ecoloog Wieger Wamelink van Wageningen University & Research is het misschien slimmer om je in te spannen voor nieuwe planten- en bomensoorten uit bijvoorbeeld Zuid-Frankrijk. Dat zouden bijvoorbeeld kurkeiken of steeneiken kunnen zijn die van warmer weer houden. 'Er zouden wel duizend nieuwe planten- en bomensoorten naar Nederland kunnen komen', aldus Wamelink.

Afb. 12 Gentiaanblauwtje op een gentiaan.

11 Lees de tekst 'Niet te koud en niet te warm'.

a Leg uit dat het te warm kan worden voor sommige planten.

b In de tekst wordt een voorbeeld gegeven van het gentiaanblauwtje en de gentiaan. Van welke vorm van symbiose is sprake bij deze organismen? Leg je antwoord uit.

c Door de temperatuurstijging komen er naar verwachting nieuwe plantensoorten uit het zuiden naar Nederland.
Leg uit dat dit niet hoeft te betekenen dat deze nieuwe plantensoorten zich ook allemaal in Nederland zullen vestigen.

d Sommige onderzoekers leggen ook een verband tussen de temperatuurstijging en de toename van de overlast door de eikenprocessierups.
Leg uit dat de temperatuurstijging ook gunstig kan zijn voor het verminderen van de overlast door de eikenprocessierups.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

4 Natuurbeheer

LEERDOELEN

6.4.8 Je kunt verklaren dat veel natuur in Nederland is ontstaan door ingrijpen van de mens.

6.4.9 Je kunt manieren noemen waarop mensen in Nederland de natuur behouden, beschermen en herstellen.

- Leren onderzoeken 2
- Practicum 3

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	6.4.8	6.4.9	6.1.1*
Onthouden	1	2ab, 3ac	
Begrijpen	4	2c, 3bd, 4	
Toepassen	5, 6a, 7a, 11d	5, 8ab, 9a, 11a	11b
Analyseren	6bc, 10	7bc, 8c, 9b, 11ce	

* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.

Door natuurbeheer proberen mensen de natuur te beschermen. Sommige mensen zeggen zelfs dat er in Nederland geen echte natuur meer is, omdat je overal de invloed van mensen ziet.

DE MENS EN ZIJN OMGEVING

De mens is, net als alle andere organismen, afhankelijk van zijn omgeving (zie afbeelding 1).

Afb. 1 De mens is afhankelijk van zijn omgeving.

Mensen halen voedsel, water en zuurstof uit hun omgeving. We halen ook energie uit de omgeving, bijvoorbeeld om te koken, om ons huis te verwarmen en om machines te laten werken. De natuurlijke omgeving levert ook grondstoffen. Grondstoffen worden gebruikt om producten te maken. Van ijzererts wordt ijzer gemaakt, van aardolie worden kunststoffen gemaakt en van hout worden onder andere meubels gemaakt. Ten slotte is de natuur belangrijk als plaats voor recreatie. Mensen gebruiken de natuur om zich te ontspannen in hun vrije tijd (zie afbeelding 2).

Afb. 2 De natuur als plaats voor recreatie.

ONTSTAAN VAN HET LANDSCHAP

Als je door Nederland reist, zie je vlakke weilanden, geploegde akkers, brede rivieren, hoge dijken, kaarsrechte sloten, rijtjes bomen en veel wegen en bebouwing (zie afbeelding 3). Dit Nederlandse landschap is voor een groot deel gemaakt door mensen. Het is een **cultuurlandschap**: een landschap dat is gevormd onder invloed van de mens. Mensen hebben op verschillende manieren invloed (gehad) op het landschap. Belangrijke invloeden zijn de landbouw, energiewinning en waterbeheer.

Afb. 3 Het landschap in Nederland (bij Hoogeveen).

Twee derde van het landoppervlak van Nederland wordt gebruikt voor de **landbouw**; iets meer dan de helft daarvan is grasland. Ongeveer 12% van het landoppervlak in Nederland is bos. Alle bossen in Nederland zijn aangeplant, bijvoorbeeld voor bosbouw. Bij **bosbouw** wordt een bos gebruikt voor de productie van hout als brandstof en als bouwmateriaal.

In sommige delen van Nederland is de bodem erg nat. Hier zie je vooral weilanden met veel sloten voor de afvoer van water. Behalve in sloten is er in Nederland nog veel meer water: de Noordzee, het IJsselmeer, rivieren, meren en kanalen. Om het land te beschermen tegen overstromingen zijn dijken en sluizen aangelegd en zijn rivieren uitgediept. Zo zie je overal in het landschap de invloed van de mens.

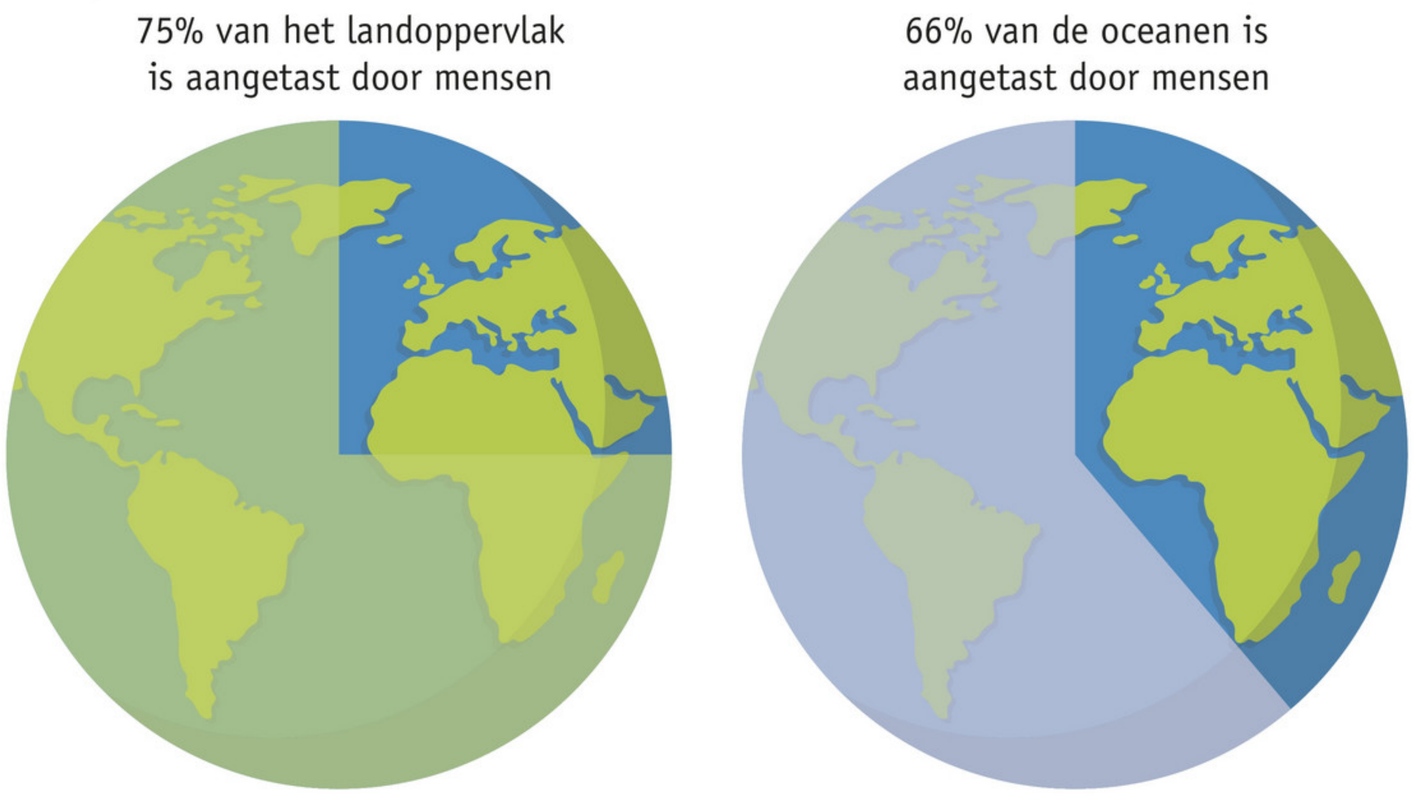
BIODIVERSITEIT

Wereldwijd gebruiken mensen heel veel grond en water voor landbouw, veeteelt, visserij, bebouwing, transport en winning van grondstoffen. Het grootste deel van het landoppervlak (75%) is daardoor ingrijpend veranderd door mensen. Vrijwel alle oceanen en zeeën (97%) worden beïnvloed door mensen. In 66% van de oceanen zijn de gevolgen daarvan duidelijk merkbaar (zie afbeelding 4). Ruim een derde van het landoppervlak op aarde is in gebruik voor landbouw en veeteelt, evenals bijna driekwart van alle zoetwaterbronnen.

Door de activiteiten van de mens worden de leefgebieden van planten en dieren kleiner of verdwijnen die zelfs. Wereldwijd neemt het aantal verschillende ecosystemen af. Een aantal soorten is daardoor **bedreigd**. Individuen van die soort hebben moeite om in leven te blijven en zich voort te planten. Uiteindelijk kan een soort daardoor **uitsterven** (helemaal verdwijnen).
Het gevolg is dat de variatie in de natuur afneemt. De variatie aan soorten in de natuur noem je de **biodiversiteit**. Door de invloed van de mens neemt de biodiversiteit dus af.

In totaal leven er naar schatting circa acht miljoen soorten dieren en planten op aarde. Ongeveer een miljoen daarvan zou kunnen uitsterven als we geen actie ondernemen. De afname van de biodiversiteit is een bedreiging voor de mens, want mensen hebben de natuur nodig om te overleven, bijvoorbeeld voor voedsel en medicijnen.

Afb. 4 Invloed van de mens.

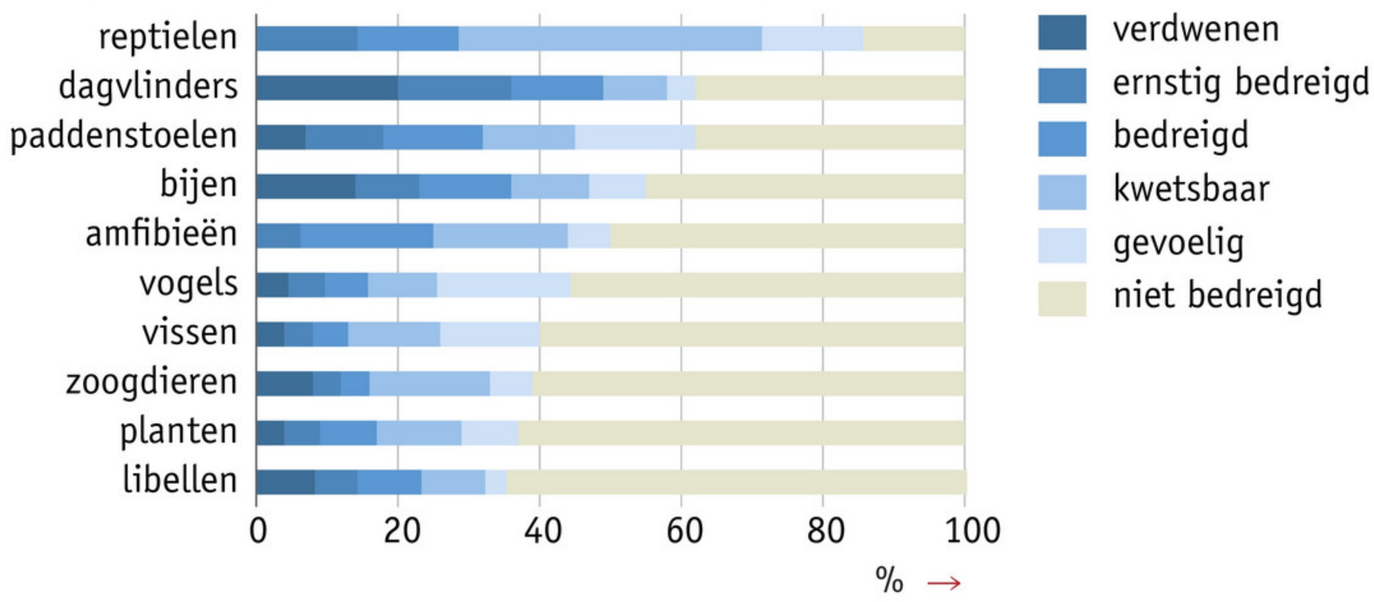


Bron: IPBES Global assessment report on biodiversity and ecosystem services, Summary for policymakers, 2019.

HERINTRODUCTIE

Ook in Nederland worden veel soorten planten en dieren bedreigd (zie afbeelding 5). Door beschermingsmaatregelen wordt geprobeerd de bedreigde soorten weer in aantallen te laten toenemen. Met het aantal ooievaars ging het bijvoorbeeld zestig jaar geleden erg slecht. Daarom werd een project gestart om het aantal broedende ooievaars te vergroten. Ook zijn er projecten geweest voor de herintroductie van bevers, otters, wisenten (Europese bizon) en steur (een vissoort) in Nederland. **Herintroductie** is het terugbrengen van een dier- of plantensoort in een land. De meeste maatregelen hebben succes: de ooievaar staat niet meer op de lijst van bedreigde vogelsoorten en het aantal bevers in Nederland wordt geschat op zo'n 3500. Bij de otter is het nog even afwachten of hij zich weer blijvend in Nederland vestigt.

Afb. 5 Bedreigde soorten in Nederland (2019).



Bron: Soortenorganisaties, WUR, Compendium voor de Leefomgeving.

NATUURBEHEER

Herintroductie van bedreigde soorten is een vorm van natuurbeheer. Onder **natuurbeheer** vallen alle maatregelen die zijn bedoeld om de natuur in Nederland te behouden, te beschermen en te herstellen. Met 'natuur' worden meestal alle gebieden bedoeld die niet in gebruik zijn voor wonen, werken, landbouw of verkeer. Slechts 15% van het Nederlandse grondoppervlak bestaat uit natuur, waarvan een groot deel bestaat uit bos.

Een voorbeeld van natuurbeheer is het aanleggen van doorgangen voor wilde dieren van het ene naar het andere natuurgebied (ecoducten). In afbeelding 6 zie je meer voorbeelden van natuurbeheer in Nederland.

Afb. 6 Maatregelen bij natuurbeheer.

Agrarisch natuurbeheer	Bosbeheer
 akkerrand met bloemen Boeren kunnen subsidie krijgen als ze maatregelen nemen om de natuur te beschermen. Maatregelen zijn bijvoorbeeld: • zaaien van bloemen langs akkers, zodat daar insecten kunnen leven; • weilanden later maaien, zodat de nesten van weidevogels niet worden vernield; • minder mest gebruiken, zodat er minder schadelijke stoffen in de grond en het water terechtkomen; • poelen graven waarin amfibieën kunnen leven.	 Schotse Hooglanders in het bos bij Dorst Staatsbosbeheer zorgt voor planten en dieren door de variatie in bosbegroeiing te behouden. Nederlandse bossen bestaan niet alleen uit bomen, maar ook uit open terrein. Op deze open terreinen groeien vaak andere planten en leven soms andere dieren dan in de bossen. Door bomen te kappen krijgen andere bomen meer ruimte of groeit een heideveld niet dicht. Ook Natuurmonumenten is actief in bosgebieden. Een maatregel bij bosbeheer is het inzetten van dieren voor begrazing. Zo behoudt een gebied zijn natuurlijke begroeiing. Vaak neemt de biodiversiteit hierdoor toe.
Faunabeheer	**Waterbeheer**
 wilde zwijnen De fauna bestaat uit alle diersoorten die in een gebied voorkomen. Faunabeheer zijn maatregelen om gezonde populaties van in het wild levende dieren te behouden en schade door (te) grote populaties te voorkomen. Bijvoorbeeld door herintroductie, maar ook afschot (jacht) hoort erbij. Voorbeelden daarvan zijn: • afschot van vossen om weidevogels te beschermen; • afschot van zieke en zwakke herten om lijden te voorkomen; • afschot van wilde zwijnen om schade aan landbouwgewassen te voorkomen (als dat op een andere manier niet lukt); • afschot van ganzen als ze een gevaar vormen voor de luchtverkeersveiligheid bij Schiphol.	 sluis in het kanaal bij Waalwijk Rijkswaterstaat en de Waterschappen beheren het water in Nederland, waaronder de rivieren, de kanalen en het grondwater. Waterbeheer omvat maatregelen om het grond- en oppervlaktewater te beheren, bijvoorbeeld: • verontreiniging van waterbodems opruimen; • doorgangen voor vissen maken in sluizen en dammen; • verbreden van rivieren om de kans op overstroming te verkleinen; • oevers minder steil maken zodat water- en oeverplanten beter kunnen groeien; • sluizen op een kier zetten waardoor een natuurlijk overgangsgebied van zeewater en rivierwater ontstaat.

KENNIS

1 De mens maakt gebruik van zijn natuurlijke omgeving voor recreatie.

a Noteer nog vijf manieren waarop mensen gebruikmaken van het milieu.

b Noteer drie voorbeelden van activiteiten waarvoor mensen energie gebruiken.

c Noteer drie manieren waarop mensen in Nederland een cultuurlandschap hebben gemaakt.

2 **a** Als een populatie van een soort gedurende langere tijd sterk afneemt, is deze soort ..... Uiteindelijk kan een soort daardoor ..... (helemaal verdwijnen).

b Wat is biodiversiteit?

c Waardoor neemt de biodiversiteit af?

3 **a** Wat is het doel van herintroductieprogramma's?

b Wat wordt verstaan onder natuurbeheer?

c Noteer minstens vier organisaties of beroepen van mensen die bijdragen aan natuurbeheer in Nederland.

d Combineer elke vorm van natuurbeheer met de bijbehorende maatregel.

A	agrarisch natuurbeheer	○	○ 1 afschot van wilde zwijnen
B	bosbeheer	○	○ 2 dieren inzetten voor begrazing
C	faunabeheer	○	○ 3 oevers minder steil maken
D	waterbeheer	○	○ 4 weilanden later maaien

4 **Samenvatting**

Mensen gebruiken hun leefomgeving (milieu) voor .....

.....

Cultuurlandschap: .....

.....

.....

Natuur: .....

.....

Biodiversiteit: .....

Natuurbeheer: .....

.....

.....

Voorbeelden van maatregelen:

.....

.....

.....

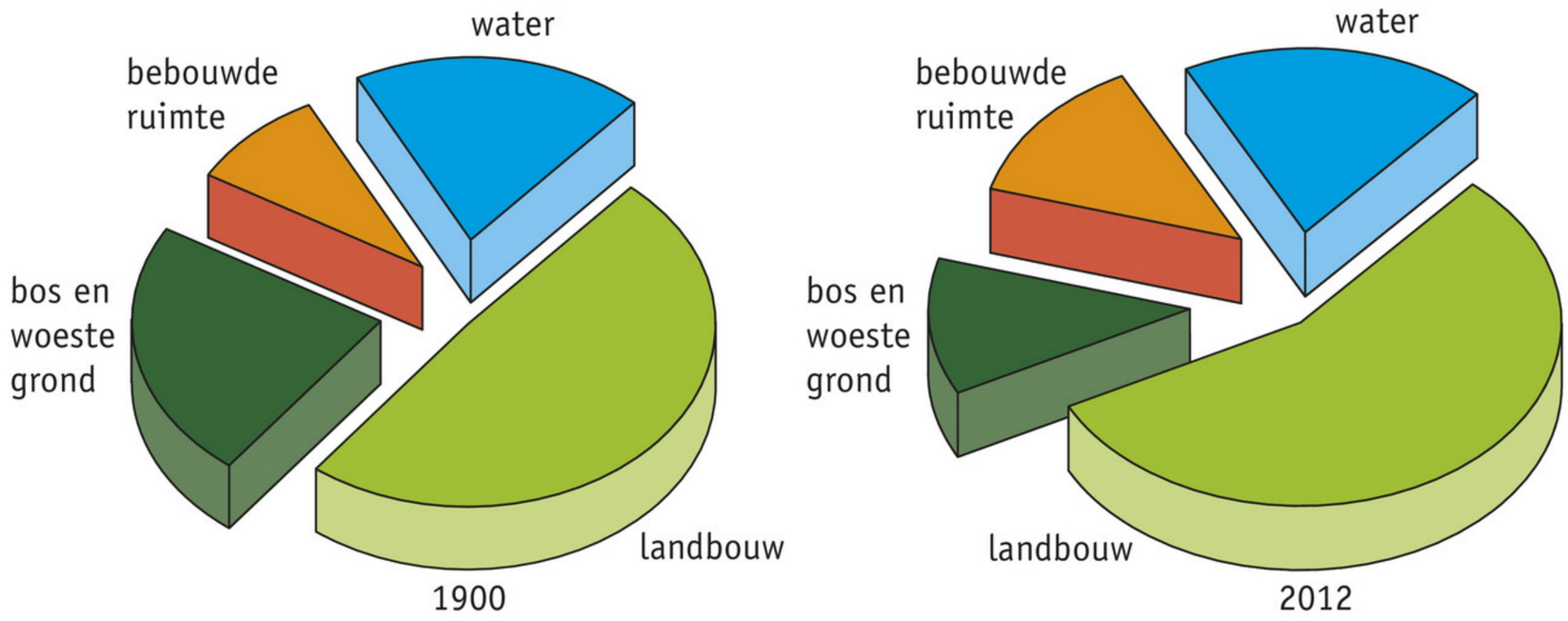
.....

.....

INZICHT

5 In afbeelding 7 is het bodemgebruik in Nederland in 1900 en 2012 vergeleken. Welke verandering in het gebruik van de bodem heeft geleid tot een afname van de biodiversiteit?

Afb. 7 Bodemgebruik in Nederland.



6 In Zuid-Amerika vind je de pampa: een uitgestrekte, natuurlijke grasvlakte (zie afbeelding 8). In totaal is het gebied 800 000 km² groot. Boeren laten hun koeien grazen op delen van de vlakte.

a Zijn de delen waar boeren hun koeien laten grazen in gebruik voor veeteelt? Leg je antwoord uit.

b Zo'n 75% van het landoppervlak is ingrijpend veranderd door mensen. Horen de begraasde gebieden van de pampa hierbij? Leg je antwoord uit.

c Is de pampa een natuurgebied of een cultuurlandschap? Leg je antwoord uit.

Afb. 8 Koeien op de pampa.

7 Een houtwal is een aarden wal met veel verschillende soorten besdragende struiken en af en toe een boom (zie afbeelding 9). In een houtwal leven ook veel verschillende dieren. Vroeger dienden houtwallen als veekering, terwijl het hout werd gebruikt op de boerderij. Met de komst van prikkeldraad verdwenen de meeste houtwallen.

a Zijn houtwallen onderdeel van een cultuurlandschap of van de natuur? Leg je antwoord uit.

b Neemt de biodiversiteit toe door de aanleg van houtwallen?

c Wanneer er meer dieren dan normaal zijn, wordt wel van een plaag gesproken. In een weiland heerst een plaag van veldmuizen. Leg uit dat houtwallen ervoor kunnen zorgen dat een muizenplaag uitblijft.

Afb. 9 Een houtwal.

8 De bermen langs wegen worden door mensen onderhouden. Als ze regelmatig worden gemaaid, ontstaan vooral bermen met veel gras. Als de bermen alleen laat in de zomer worden gemaaid, ontstaan bermen met veel bloemen. Dit komt doordat de planten de tijd hebben om zaden aan te maken, waardoor ze het jaar erop weer in grote aantallen opkomen.

a Welke manier van onderhoud is het meest gunstig voor insecten? Leg je antwoord uit.

b Welke manier van onderhoud zorgt voor meer biodiversiteit? Leg je antwoord uit.

c Bermgras wordt gebruikt voor energieopwekking. De berm wordt regelmatig gemaaid en het maaisel wordt samen met dierlijke mest en enkele andere materialen vergist. Bij het vergistingsproces komt biogas vrij en blijft meststof over.
Wat vind jij: is regelmatig maaien van de wegberm een goede vorm van natuurbeheer? Geef minstens twee argumenten voor je mening. Bespreek je standpunt met een klasgenoot.

9 In Nederland wordt regelmatig landbouwgebied vervangen door natuurgebied. Doel hiervan is onder andere om de biodiversiteit te behouden of toe te laten nemen. Voor dit proces worden beheersmaatregelen gebruikt.

a In welke drie uitspraken worden beheersmaatregelen aangegeven?

- ☐ A Als zieke en zwakke vogels in het nieuwe grasland sterven, ontstaat er door natuurlijke selectie een sterkere populatie.
- ☐ B De populatie vogels en planten kan zichzelf, nadat het gebied grasland is geworden, goed in stand houden zonder ingrijpen van de mens.
- ☐ C Door het grasland in de toekomst uit te breiden, komt dit de biodiversiteit ten goede.
- ☐ D Door het weiland minder droog te maken, wordt het gebied waardevoller voor vogels, en voor planten die er kunnen gaan groeien als het grasland is geworden.
- ☐ E Door verschillende diersoorten in het nieuwe grasland uit te zetten, neemt de biodiversiteit toe.

b Vaak wordt het grondwaterpeil verhoogd van landbouwgebieden die weer natuurgebied moeten worden. Doordat het grondwaterpeil wordt verhoogd, kruipen wormen en insecten die in de grond leven naar het grondoppervlak.
Leg uit dat insecten net onder het grondoppervlak kunnen zorgen voor meer biodiversiteit.

+ 10 Een schip ligt al meer dan driehonderd jaar op de bodem voor de kust van Australië.
Leg uit waarom dit schip voor een grotere biodiversiteit zorgt.

Afb. 10 Een gezonken schip.

SAMENHANG leefwereld

BEVERS INGEDAMD

De bever was in 1826 officieel uitgestorven in ons land. In 1988 werd de bever succesvol opnieuw geherintroduceerd. Het succes is zo groot dat Limburg ze nu wil gaan doden. Bevers staan bekend om het bouwen van burchten en dammen in riviertjes. Doordat de ingang van de burchten onder water staat, zijn ze onbereikbaar voor roofdieren. In de buurt van burchten bouwen bevers ook vaak dammen, waardoor ze de waterhuishouding in het gebied beter kunnen regelen. Voor de mens verstoren deze dammen de waterafvoer en leiden ze tot wateroverlast waardoor er veel schade kan ontstaan. Ook bedreigt de bever dijken, ondergraaft hij wegen en knaagt hij aan bomen voor het maken van dammen. Een bever gebruikt wel tot 4000 kg hout per jaar, waardoor boeren en fruittelers schade ondervinden.
Om de schade te beperken, mochten waterschappen al beverdammen doorboren of afbreken. Nu dat niet altijd genoeg meer helpt, mogen bevers ook worden bejaagd. Elders uitzetten is geen optie meer. Andere provincies hebben genoeg aan hun eigen bevers en in Limburg is te weinig plek.
Bevers mogen het hele jaar worden bejaagd met een geweer, maar niet tijdens de kraam- of zoogperiode. Bevers mogen ook worden gevangen, waarna ze van de dierenarts een dodelijke injectie krijgen.

Afb. 11 Een bever.

11 Lees de tekst ‘Bevers ingedamd’.

a Markeer in de tekst minimaal drie maatregelen voor natuurbeheer.

b In 2019 waren er in Nederland 3500 bevers, waarvan er 625 in Limburg leven. In Limburg mogen dat er maximaal 500 zijn.
Geef twee biologische redenen waarom de bever het zo goed doet in Nederland.

c Sommige mensen zijn tegen afschot en bepleiten een ‘duurzaam beverbeheer’, waarbij de provincie landbouwgrond aankoopt (voor het maken van natuurgebied). Het waterschap zou verder beverdammen vaker en deskundiger kunnen doorboren met pijpen. Ook zou er betongaas in dijken moeten komen, waardoor bevers niet meer door de dijken kunnen graven.
Welke maatregel vind je beter: afschieten of duurzaam beverbeheer? Leg je antwoord uit.

d De herintroductie van de bever vond in 1988 plaats in de Biesbosch. De Biesbosch is een natuurgebied met veel water dat wordt beheerd door Staatsbosbeheer.
Maken de bevers onderdeel uit van een natuur- of een cultuurlandschap? Leg je antwoord uit.

e In de tekst wordt aangegeven dat boeren en fruittelers schade ondervinden van de bever.
Welke beroepsgroep kan juist economisch voordeel hebben van het succes van de bever? Leg je antwoord uit.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

5 Mens en milieu

LEERDOELEN

6.5.10 Je kunt enkele oorzaken en gevolgen van uitputting en vervuiling beschrijven. ► Practica 4, 5 en 6

6.5.11 Je kunt enkele oorzaken en gevolgen van klimaatverandering beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	6.5.10	6.5.11	6.1.3*	6.4.9*	5.5.11**
Onthouden	1abc, 2a	3b			
Begrijpen	1de, 2bc, 4	3acde, 4			
Toepassen	6a, 8b, 10c	5ab, 6d, 7	8b		
Analyseren	6bce, 8acd, 10bcd	5cd, 9a	8cd	10ad	9b

* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.

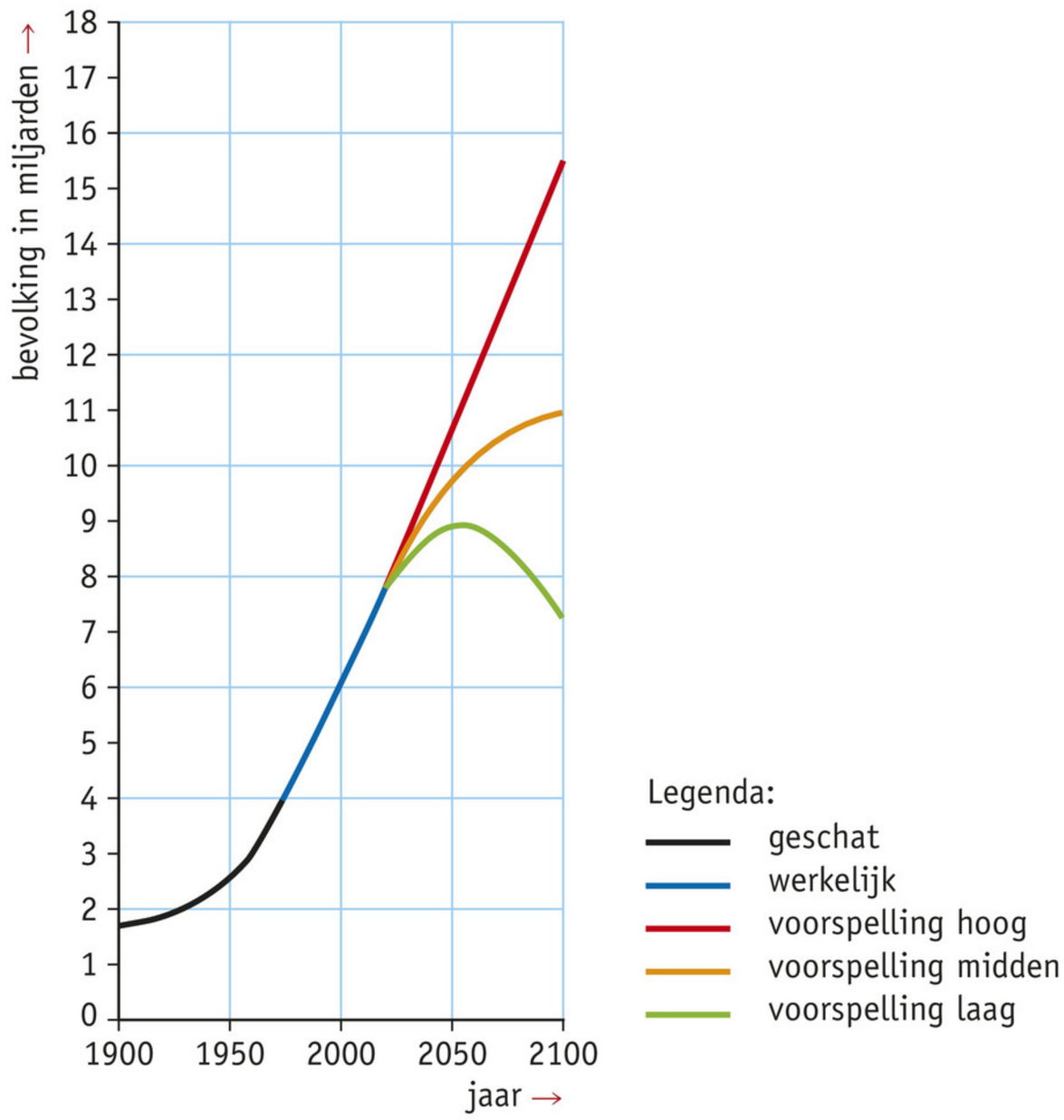
** Dit leerdoel vind je in een ander thema.

Niet alleen het ruimtegebruik van mensen beïnvloedt de leefomgeving van planten en dieren. Mensen halen ook stoffen uit het milieu en laten er stoffen in achter.

INVLOEDEN OP HET MILIEU

De mens heeft invloed op het milieu. Die invloed is de laatste tweehonderd jaar sterk toegenomen. De afgelopen vijftig jaar is het aantal mensen op aarde verdubbeld (zie afbeelding 1). In juni 2019 waren er 7,7 miljard mensen. Volgens de hoogste voorspellingen zijn er over dertig jaar 10 miljard mensen. Al die mensen gebruiken samen heel veel energie en grondstoffen en produceren heel veel afval (zie afbeelding 2).

Afb. 1 De groei van de wereldbevolking sinds 1900 en de verwachte groei tot 2100.



Bron: Verenigde Naties, World Population Prospects 2019.

Afb. 2 Afval.

1 huishoudelijk afval

2 afgedankte apparaten

Doordat mensen stoffen uit het milieu halen en er andere stoffen aan toevoegen, veranderen we het milieu. Als dit leidt tot aantasting van het milieu, is sprake van **milieuproblemen**. De belangrijkste oorzaken van milieuproblemen zijn de bevolkingstoename en de manier van leven van de mens.
Mensen zorgen op twee manieren voor milieuproblemen:

- Er is sprake van **uitputting** als de mens stoffen uit het milieu haalt (bijvoorbeeld grondstoffen).
- Er is sprake van **vervuiling** als de mens stoffen aan het milieu toevoegt (bijvoorbeeld afvalstoffen).

UITPUTTING

Aardolie, aardgas en steenkool zijn **fossiele brandstoffen**. Ze zijn miljoenen jaren geleden ontstaan uit resten van dode planten en dieren. Deze energiebronnen raken uitgeput. Naar verwachting zijn de voorraden aardolie en aardgas over vijftig tot honderd jaar vrijwel op.
Aardolie is niet alleen een brandstof, maar ook een grondstof voor kunststoffen.
Ook veel andere grondstoffen komen uit de aarde, bijvoorbeeld zand (voor glas en bouwmateriaal) en metaalerts (voor metalen). Om al onze huizen, machines, apparaten, kleding en gebruiksvoorwerpen te maken zijn veel grondstoffen nodig. Ook de voorraden van deze natuurlijke **grondstoffen** raken daardoor uitgeput.

Planten hebben **mineralen** nodig om te groeien. Die mineralen halen ze met hun wortels uit de grond. In de landbouw worden op grote stukken grond elk jaar dezelfde planten verbouwd, zoals mais (zie afbeelding 3). Dit noem je **monocultuur**. Hierdoor raakt de bodem uitgeput. Dat betekent dat er niet genoeg mineralen meer in de bodem zitten. De planten groeien dan niet goed meer. Om dit te voorkomen bemest de boer na elke oogst zijn land.
Ook door verdroging, overbemesting, erosie en vervuiling wordt grond minder vruchtbaar. Wereldwijd is hierdoor al 23% van het landoppervlak minder productief geworden.

Afb. 3 Monocultuur: mais.

VERVUILING

Om de mineralen in de bodem aan te vullen, gebruiken boeren mest (dierlijke mest of kunstmest). Een belangrijk mineraal in mest is **stikstof**. Een deel van de stikstof uit mest komt terecht in het grondwater en in de lucht. Ook de industrie en het verkeer (uitlaatgassen) zijn belangrijke bronnen van stikstof in het milieu.
Stikstof is een van de oorzaken van luchtvervuiling. **Luchtvervuiling** bestaat vooral uit smog en fijnstof. Via het grondwater en de lucht komt de stikstof terecht in natuurgebieden, waardoor de plantengroei daar verandert. Brandnetels en grassen groeien bijvoorbeeld goed op veel stikstof, maar kwetsbare of zeldzame planten kunnen er niet goed tegen en verdwijnen.

In het verleden werd het afval van de chemische industrie op vuilnisplaatsen gestort. Zo zijn op veel plaatsen giftige stoffen in de bodem terechtgekomen. Dit noem je **bodemvervuiling**. Planten nemen de giftige stoffen op via hun wortels. Zo komen de giftige stoffen in voedselketens terecht.

Chemische gewasbeschermingsmiddelen (gifstoffen) beschermen voedingsgewassen tegen vraat door insecten en tegen ziekteverwekkers. Deze middelen kunnen in het water van sloten of in het grondwater terechtkomen. Dit is **watervervuiling**. De kwaliteit van het grondwater gaat hierdoor achteruit.
Het water in rivieren, zeeën en meren wordt ook vervuild door huishoudens, fabrieken en scheepvaart (zie afbeelding 4). Meer dan 80% van het wereldwijde afvalwater wordt zonder behandeling in het milieu geloosd. Jaarlijks worden driehonderd tot vierhonderd miljoen ton zware metalen, oplosmiddelen, giftig slib en ander afval van industriële installaties in de wateren van de wereld geloosd.

Veel organismen zijn afhankelijk van schoon water en een schone bodem. Organismen worden door vervuiling bedreigd of verdwijnen. Ook voor de mens zijn schoon water en een schone bodem belangrijk. We drinken water en eten van de gewassen die in de bodem groeien.

Afb. 4 Watervervuiling.

1 afvalwater van fabrieken en huishoudens

2 vervuiling door een kopermijn

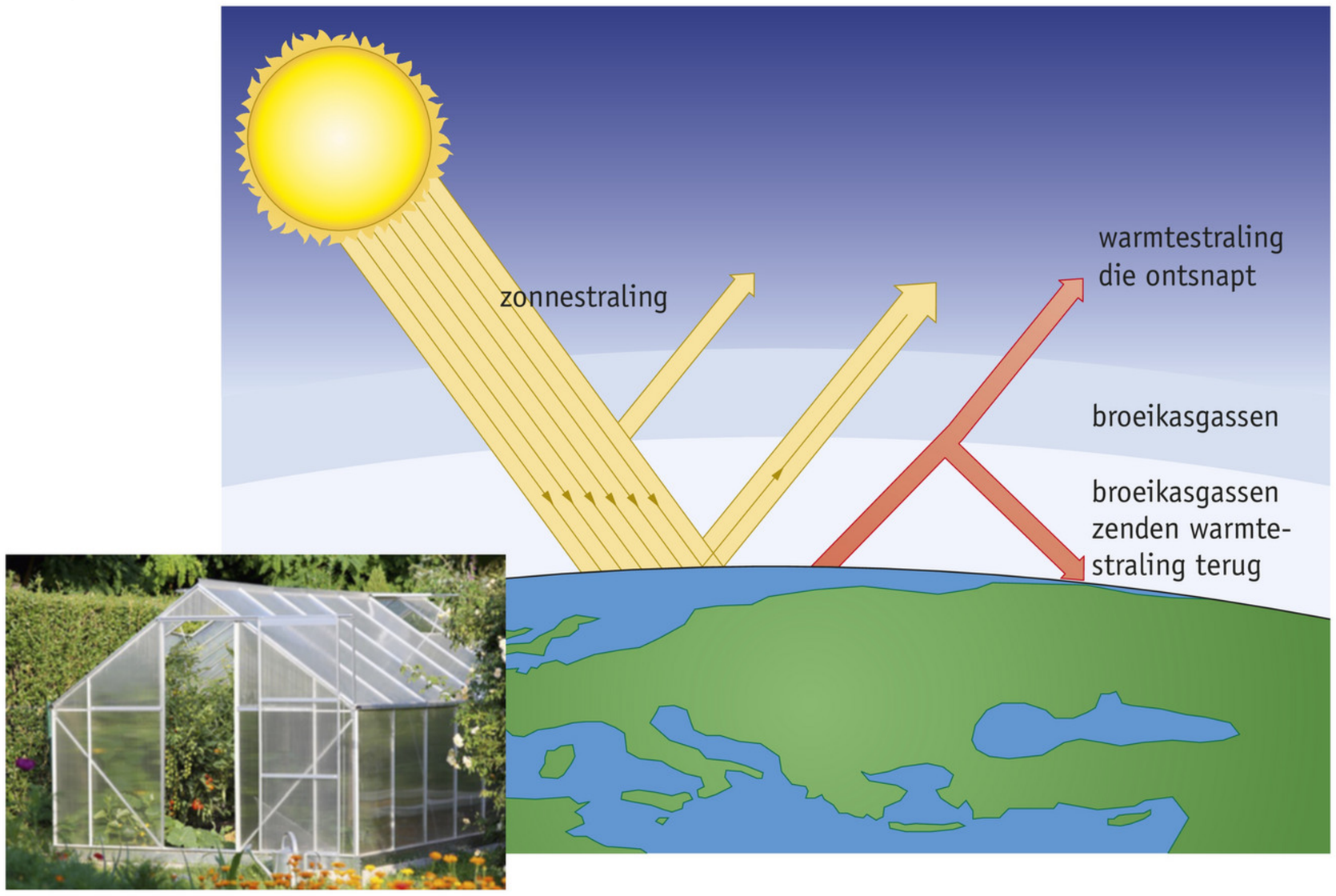
3 dode vissen door vervuiling

VERSTERKT BROEIKASEFFECT

De dampkring (of atmosfeer) is de luchtlaag rondom de aarde. De dampkring is een mengsel van verschillende gassen. Deze gassen laten een deel van de zonnestraling door naar de aarde; de rest wordt weerkaatst. Door de zonnestraling warmt de aarde op. De aarde straalt deze warmte ook weer uit. Gassen in de dampkring houden de warmtestraling van de aarde tegen (zie afbeelding 5).

De gassen die de warmtestraling tegenhouden, noem je **broeikasgassen**, omdat ze dezelfde werking hebben als het glas van een broeikas. Deze werking noem je het (natuurlijke) **broeikaseffect**. De belangrijkste broeikasgassen zijn waterdamp en koolstofdioxide. Dankzij het broeikaseffect is het op aarde gemiddeld 15 °C. Zonder het broeikaseffect zou het op aarde veel kouder zijn (–18 °C).

Afb. 5 Het broeikaseffect.



Bij de verbranding van fossiele brandstoffen ontstaat koolstofdioxide. Mensen hebben de afgelopen eeuwen heel veel extra koolstofdioxide in de dampkring gebracht. Sinds 1750 is het gehalte aan koolstofdioxide in de dampkring met zo'n 40% toegenomen. Een ander belangrijk broeikasgas is methaan, dat vooral vrijkomt uit moerassen, bossen en de veeteelt. Ook het gehalte aan methaan is sinds de achttiende eeuw toegenomen.
Door de toename van broeikasgassen in de dampkring wordt meer warmte teruggekaatst naar de aarde. Dit is het **versterkte broeikaseffect**. Het gevolg is dat de aarde opwarmt. In de afgelopen 130 jaar is het gemiddeld 1 °C warmer geworden op aarde. In Nederland is dit 1,7 °C.

KLIMAATVERANDERING

Door het versterkte broeikaseffect verandert het klimaat. **Klimaatverandering** betekent dat het gemiddelde weertype over een langere periode verandert. Door de klimaatverandering krijgen we in Nederland zachtere winters, warmere zomers en extremer weer.
Door de hogere temperatuur komt in de zomer vaker blauwalg voor in het water.
Blauwalg (een bacterie) maakt stoffen die giftig zijn voor mensen. Daardoor zal er vaker een zwemverbod zijn (zie afbeelding 6).

Afb. 6 Verboden te zwemmen door blauwalg.

Doordat de aarde opwarmt, krijgen we te maken met **stijging van de zeespiegel** (de hoogte van het zeewater). Voorspellingen voor Nederland lopen uiteen van 0,5 tot 3 m zeespiegelstijging in het jaar 2100. Laaggelegen gebieden zullen overstromen (zie afbeelding 7.1). Daarom moeten de dijken hoger worden gemaakt. Dat kost veel geld.
In andere delen van de wereld worden steden of landen nu al bedreigd door het hogere zeewater. In Oceanië bijvoorbeeld, ten oosten van Australië, verdwijnen hele eilanden in zee. De mensen die hier wonen, moeten naar elders vertrekken (zie afbeelding 7.2).

Afb. 7 Zeespiegelstijging.

1 Dit deel van Nederland komt onder water te liggen als de zeespiegel één meter stijgt.

2 De mensen op de foto staan in zee waar hun huizen ooit stonden (Kiribati).

In sommige gebieden op aarde leidt de hogere temperatuur tot droogte, waardoor woestijnen groter worden. Er kan een tekort aan zoetwater en drinkwater ontstaan. Bij extreme droogte kan zout zeewater de rivieren in stromen. Het zoute water mengt dan met het zoete rivierwater, grondwater en slootwater. Dit heet **verzilting** (zilt = zout). Door verzilting kunnen boeren problemen krijgen met hun gewassen. Veel planten kunnen niet tegen zout in het water. Het zout tast de wortels aan.
In veel gebieden zal landbouw onmogelijk worden, maar in andere gebieden kunnen gewassen door de hogere temperatuur juist beter gaan groeien en meer voedsel opleveren. Ook kunnen delen van de aarde die nu nog te koud zijn, door de hogere temperatuur wel geschikt worden voor landbouw.

INVLOED VAN DE MENS

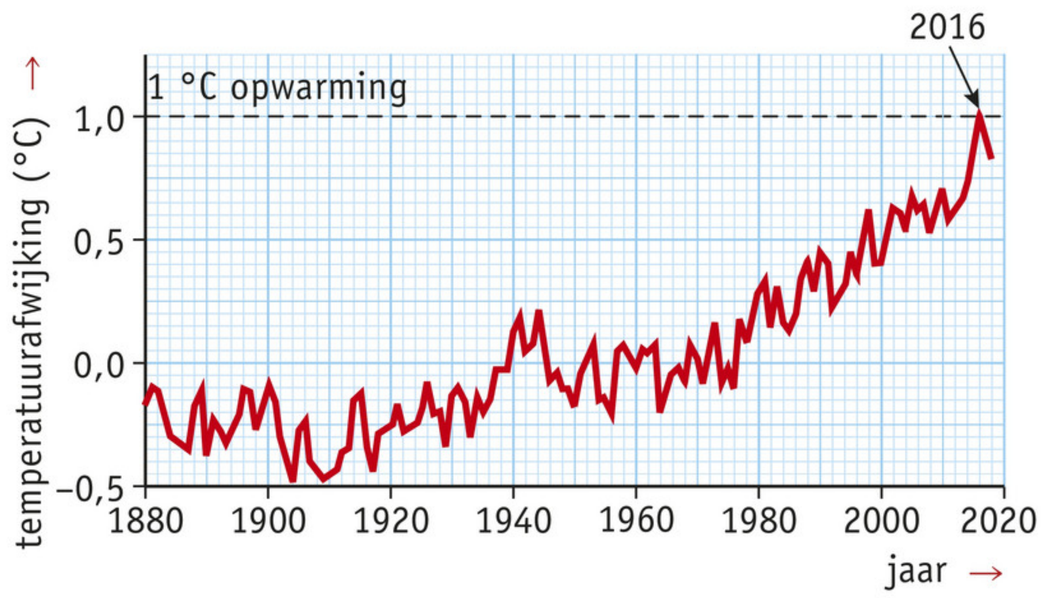
In de geschiedenis van de aarde zijn er vaker klimaatveranderingen geweest. Maar er zijn drie grote verschillen: onze klimaatverandering verloopt zeer snel, ze is voor een groot deel veroorzaakt door mensen en ze kan grote gevolgen hebben voor heel veel mensen. Daarom noemen veel wetenschappers en politici deze klimaatverandering een klimaatcrisis (zie afbeelding 8). Er zijn ook mensen die niet geloven dat het klimaat verandert, of die denken dat de gevolgen wel zullen meevallen. Vaak heeft dat te maken met een gebrek aan kennis. De gevolgen van de klimaatverandering zijn niet exact te voorspellen, maar de opwarming van de aarde is een feit (zie afbeelding 9).

Afb. 8 Demonstratie voor klimaatmaatregelen.

1 schoolstaking voor het klimaat (Londen, 2019)

2 Greta Thunberg uit Zweden begon de schoolstakingen voor het klimaat.

Afb. 9 Opwarming van de aarde.



VERANDERINGEN IN DE NATUUR

De gevolgen van de klimaatverandering zijn in de natuur al goed merkbaar. In Nederland komen nu planten- en diersoorten voor die vroeger alleen in zuidelijker gebieden zoals België en Frankrijk voorkwamen. Er zijn ook soorten die minder voorkomen of zelfs zijn verdwenen.

Doordat het ’s winters zachter en in het voorjaar warmer is geworden, is het jaarritme van veel soorten veranderd. Bomen krijgen vroeger in het jaar bladeren en veel planten bloeien eerder. Voor sommige voedselketens heeft dit ernstige gevolgen. Koolmezen voeren hun jongen graag rupsen van de wintervlinder. Deze rupsen eten eikenbladeren. Doordat de eiken eerder in blad komen, verschijnen de rupsen van de wintervlinder ook eerder in het jaar. In de periode dat de eieren van een koolmees zijn uitgekomen en de jongen moeten worden gevoerd, zijn er minder rupsen beschikbaar. Koolmezen moeten daarom op zoek naar ander voedsel, zoals eikenprocessierupsen. Ook verschuift het broedseizoen van koolmezen langzaamaan naar eerder in het jaar.

KENNIS

1

a Te veel stoffen uit het milieu halen is een vorm van .....

Afvalstoffen aan het milieu toevoegen is een vorm van .....

b Wanneer ontstaan milieuproblemen?
c Waardoor zijn de milieuproblemen de laatste tweehonderd jaar sterk toegenomen?
d Wat zijn chemische gewasbeschermingsmiddelen?
e Leg uit hoe giftige stoffen via planten in voedselketens terechtkomen.

2

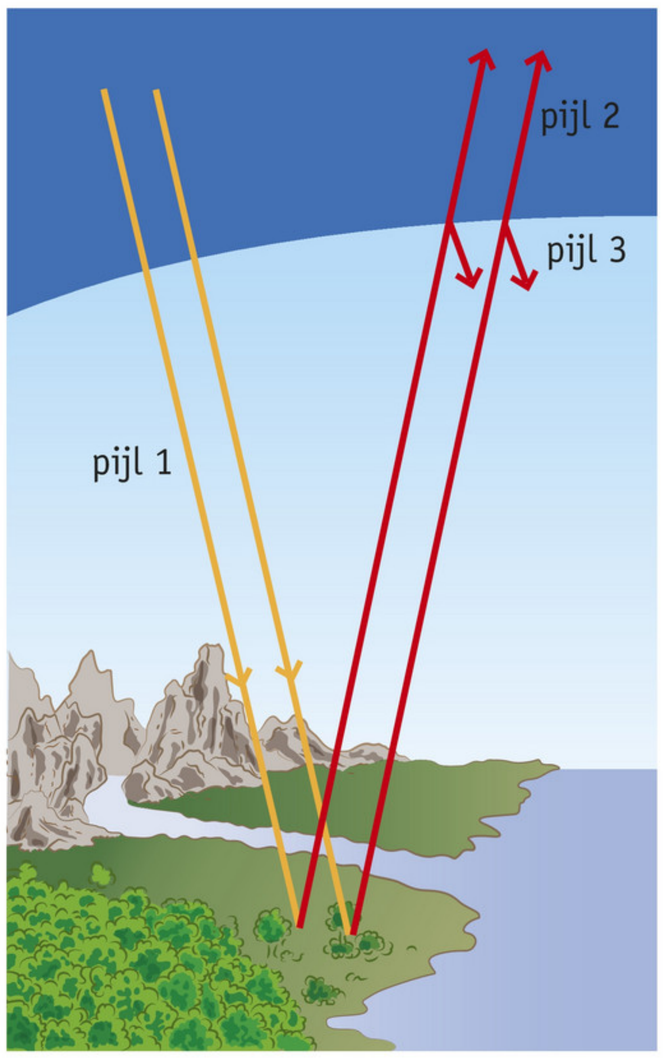
a Wat is monocultuur?
b Wat zijn voorbeelden van monocultuur?
- ☐ A een akker waarop afwisselend aardappelen en tarwe worden verbouwd
- ☐ B een akker waarop al jaren mais wordt verbouwd
- ☐ C een appelboomgaard
- ☐ D een weiland waarin al tien jaar alleen Engels raaigras groeit
- ☐ E een weiland waarin gras en verschillende bloemen groeien

c Geef een voorbeeld van een milieuprobleem dat wordt veroorzaakt door monocultuur.

3

In afbeelding 10 zie je een schematische weergave van het broeikaseffect.
a Beschrijf wat er gebeurt bij pijl 1, 2 en 3.
b Wat zijn de belangrijkste broeikasgassen?
c Leg uit dat er zonder het broeikaseffect misschien geen leven zou zijn op aarde.
d Wat wordt bedoeld met het versterkte broeikaseffect?
e Als de gemiddelde temperatuur op aarde verder stijgt, zal de hoeveelheid waterdamp in de dampkring toenemen door extra verdamping uit oceanen. Neemt hierdoor het broeikaseffect toe of af? Leg je antwoord uit.

Afb. 10 Het broeikaseffect.



4 **Samenvatting**

Maak je eigen samenvatting, bijvoorbeeld in een mindmap.

INZICHT

5

a Leg uit dat het gebruik van fossiele brandstoffen leidt tot een versterkt broeikaseffect.

b Waarom denken onderzoekers dat de toename van industrie heeft geleid tot het versterkte broeikaseffect?

c Ontbossing is het kappen van bomen om akkers, woningen of industriegebieden aan te leggen.
Draagt ontbossing bij aan een versterkt broeikaseffect? Leg je antwoord uit.

d Bij de verbranding van biobrandstoffen ontstaat koolstofdioxide. Toch draagt dit koolstofdioxide niet bij aan de opwarming van de aarde.
Leg uit hoe dat kan.

6

Je ziet steeds meer elektrische auto's (zie afbeelding 11). Deze auto's rijden op elektriciteit, die wordt opgewekt in aardgascentrales, steenkoolcentrales of met wind- en zonne-energie.

a Leg uit dat elektrisch rijden de uitputting van fossiele grondstoffen en de luchtvervuiling kan verminderen.

b Leg uit dat ook elektrische auto's zorgen voor uitputting.

c Leg uit dat ook elektrische auto's zorgen voor vervuiling.

d Dragen elektrische auto's bij aan het versterkte broeikaseffect? Leg je antwoord uit.

e Je kunt je op allerlei manieren verplaatsen. Sommige manieren zijn schadelijk voor het milieu, andere zijn minder schadelijk.
Zet de manieren van transport in de juiste volgorde. Begin met de manier die het minst schadelijk is voor het milieu. Gebruik eventueel internet om informatie te zoeken.

..... met de bus

..... met een benzineauto

..... met het vliegtuig

..... op de fiets

..... te voet

Afb. 11 Elektrische auto's bij een oplaadpaal.

7

Hierna staan veranderingen die worden veroorzaakt door de opwarming van de aarde, en de gevolgen van die veranderingen.
Combineer elke verandering met het bijbehorende gevolg.

A	De populatie teken in Nederland groeit.	○	○ 1 De zeespiegel stijgt.
B	Droge gebieden worden droger.	○	○ 2 Het aantal gevallen van de ziekte van Lyme neemt toe.
C	Het zeewater warmt op en gletsjers smelten.	○	○ 3 Het aantal sterfgevallen in de zomer neemt toe.
D	In Europa breiden planten en dieren hun leefgebied uit naar het noorden.	○	○ 4 In Nederland verschijnen nieuwe soorten en verdwijnen andere soorten.
E	In Nederland is de gemiddelde temperatuur hoger.	○	○ 5 Voedingsgewassen groeien beter.
F	In Nederland komen meer hittegolven voor.	○	○ 6 Vogels kunnen te weinig voedsel vinden om hun jongen te voeden.
G	Rupsen verschijnen eerder in het jaar.	○	○ 7 Woestijnen worden groter.

8

‘Verborgen plastics’ zijn kunststoffen die niet direct herkenbaar zijn, maar wel grote schade toebrengen aan het milieu. In kauwgom bijvoorbeeld zit ‘kauwplastic’. Ook synthetische kleding bevat verborgen plastics. Per wasbeurt laten synthetische kledingstukken tot wel 700 000 microvezels los.
Het probleem van alle soorten plastic is dat het plastic uiteindelijk uit elkaar valt in minuscule deeltjes, maar nooit volledig uit het milieu verdwijnt. Als de diameter van die deeltjes kleiner is dan 5 mm heten ze microplastics. Nog veel kleinere deeltjes noem je nanoplastics. Deze piepkleine plasticdeeltjes komen ook in de lucht of het water terecht. Daar ademen niet alleen wij ze in, maar ook dieren en zelfs planten. In organismen worden nanoplastics niet afgebroken.

a Leg uit waarom microplastics niet in lichaamscellen voorkomen, maar nanoplastics wel.

b Leg uit waarom de concentratie nanoplastics in roofdieren en mensen hoger is dan in planten of insecten.

c Waarin verschilt de opname van nanoplastics in de voedselketen met de opname van herbiciden in de voedselketen?

d In hoge concentraties in het menselijk lichaam zijn nanoplastics schadelijk. Op dit moment zijn de concentraties in mensen over het algemeen nog laag.
Leg uit dat nanoplastics in de toekomst een gezondheidsrisico vormen, als de vervuiling van het milieu met plastic niet afneemt.

+ 9

In het Noordpoolgebied broedt de kanoet, een middelgrote kustvogel. De kuikens van kanoeten komen rond een vaste datum (eind juni) uit hun ei en verlaten vrijwel meteen het nest. De kuikens eten voornamelijk insecten die in de grond overwinteren. Zodra in het poolgebied de dooi invalt en de sneeuw smelt, kruipen deze insecten uit de grond. Daarna zijn ze niet meer beschikbaar voor de jonge kanoeten.
Wetenschappers zagen dat de jonge kanoeten tegenwoordig kleiner blijven dan vroeger. Ze denken dat klimaatverandering hier de oorzaak van is.

a Leg uit hoe klimaatverandering kan leiden tot het kleiner blijven van de jonge kanoeten.

b Een evolutiebioloog denkt dat de grotere kuikens meer overlevingskansen hebben dan de kleine. De bioloog denkt dat dit ertoe zal leiden dat kanoetkuikens in de toekomst vroeger in het jaar uit hun ei zullen kruipen.
Beschrijf het evolutionaire proces dat ertoe kan leiden dat kanoetkuikens vroeger in het jaar uit hun ei zullen kruipen.

SAMENHANG wetenschap

DE STIKSTOFCRISIS

In 2019 heeft de rechter besloten dat in het belang van de natuur de stikstofuitstoot in Nederland moet worden verminderd. Stikstof is belangrijk voor de groei van planten. Oorspronkelijk was er juist een gebrek aan stikstof in de natuur. Daardoor ontwikkelde zich door de jaren heen een rijkdom aan planten die met weinig stikstof konden leven. Bij meer stikstof groeien planten sneller. Sommige planten, zoals grassen en brandnetels, groeien door de extra stikstof veel sneller dan andere planten. Daardoor verdringen ze deze andere planten en neemt de biodiversiteit af.

Afb. 12 De aanwezigheid van brandnetels wijst vaak op veel stikstof in de grond.

Er zijn verschillende mogelijkheden om de hoeveelheid stikstof die in het milieu terechtkomt te verminderen. Uit onderzoek van de Wageningen University & Research blijkt dat de uitstoot van ammoniak, een belangrijke stikstofbron voor planten, drastisch kan worden verminderd. Ammoniakuitstoot ontstaat onder meer als mest en urine zich mengen. Dat gebeurt vooral in de stal. Door koeien meer buiten te laten lopen, vermindert deze uitstoot. Ook helpt het als er minder eiwit in veevoer zit. Eiwitten in veevoer worden afgebroken tot onder andere stikstof, dat weer in de urine van de koeien terechtkomt. Ten slotte vermindert de ammoniakuitstoot ook als er water aan de mest wordt toegevoegd voordat deze over het land wordt uitgereden.
Ook het verkeer draagt bij aan de stikstofuitstoot. Bij de verbranding van fossiele brandstoffen komen schadelijke stikstofgassen vrij. Minder kilometers of minder hard rijden leidt tot vermindering van de stikstofuitstoot.

10

a Waardoor neemt de biodiversiteit af bij een toename van stikstof in de grond?

b Naast stikstof stoot het verkeer ook fijnstof uit. Ingeademde stofdeeltjes kunnen gezondheidsproblemen, zoals astma en bronchitis, veroorzaken. Maar niet alle fijnstof die wordt ingeademd, bereikt de longen.
Leg uit waardoor niet alle ingeademde fijnstofdeeltjes in de longen terechtkomen.

c De rechterlijke uitspraak over het terugdringen van de stikstofuitstoot heeft grote gevolgen voor de landbouw (vooral veeteelt) en de bouw. Landbouwbedrijven krijgen bijvoorbeeld geen vergunning om uit te breiden en bouwbedrijven liggen soms een tijd stil, met als gevolg dat mensen hun werk dreigen te verliezen. Het besluit om de natuur te beschermen heeft dus direct gevolgen voor de economie.
Wat vind jij belangrijker: de natuur of de economie? Leg je antwoord uit.

d Door de stikstoftoename is de populatiegrootte van veel vlindersoorten sterk afgenomen. Maar van de dagpauwoog, die zijn eitjes op de brandnetel legt, is de populatiegrootte juist toegenomen.
Leg uit waardoor de populatiegrootte van vlindersoorten zoals de dagpauwoog toeneemt en die van andere vlindersoorten juist afneemt.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

6 Duurzaamheid

LEERDOELEN

6.6.12 Je kunt de ecologische voetafdruk van Nederland vergelijken met die van andere landen en de verschillen uitleggen.
6.6.13 Je kunt uitleggen wat duurzaamheid is.
6.6.14 Je kunt aangeven wat duurzame oplossingen voor milieuproblemen in Nederland kunnen zijn.

► Practicum 7

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	6.6.12	6.6.13	6.6.14	6.2.4*	6.5.10*	1.2.4**
Onthouden	1a	2ab	3c, 4ac			
Begrijpen	1bcd, 5	2cde, 5	3ab, 4bde, 5			
Toepassen	6	7a, 10cd, 11a	8, 9, 10cd		10a	
Analyseren	12e	7bc, 11b, 12c	10b, 12bcd	12ab		12a

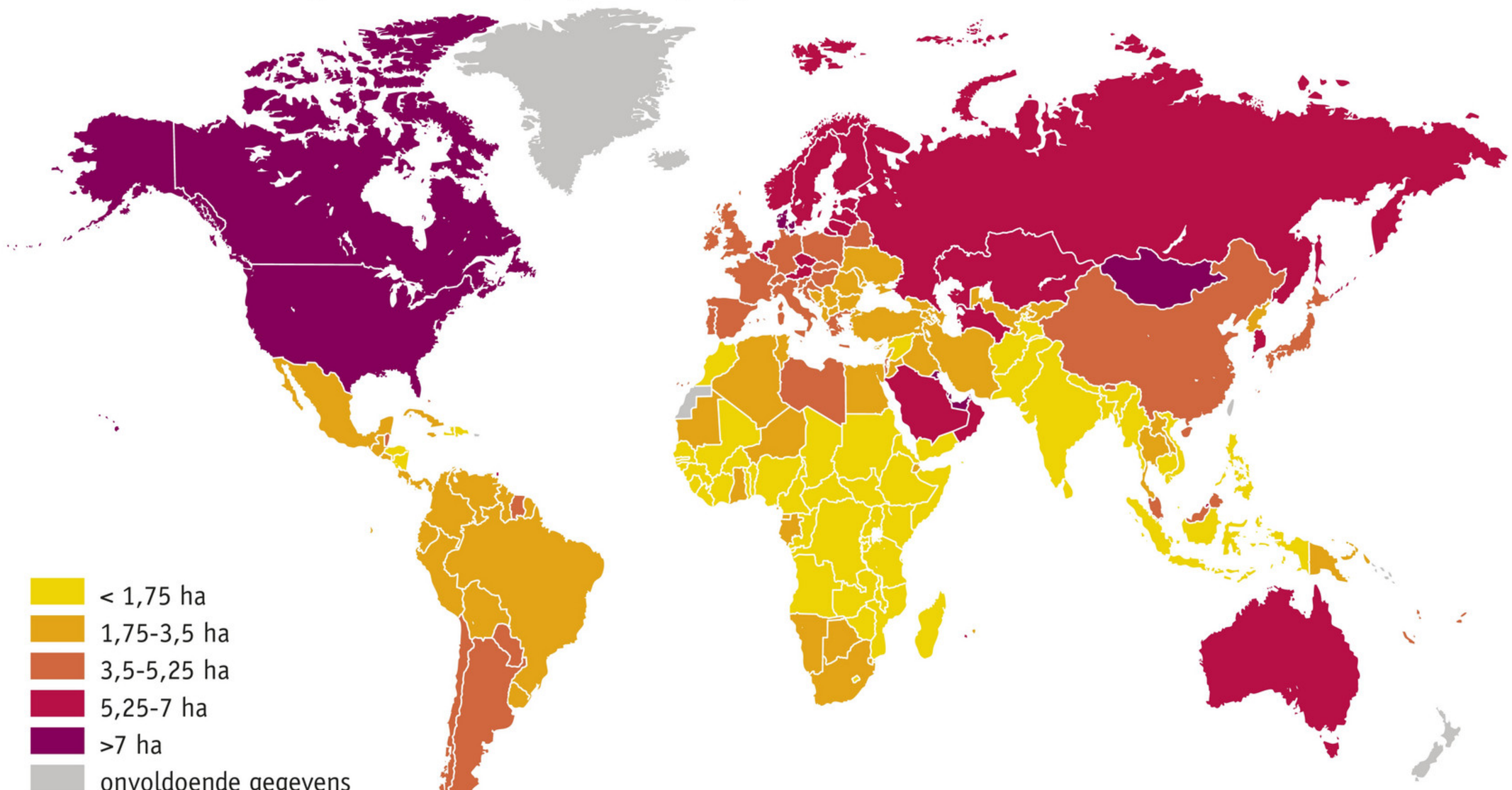
* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.
** Dit leerdoel vind je in een ander thema.

Mensen maken gebruik van de aarde voor voedsel, grondstoffen en energie. Met z'n allen gebruiken we meer dan de aarde kan geven. Er zijn duurzame oplossingen.

ECOLOGISCHE VOETAFDRUK

Ieder mens gebruikt een stukje aarde, want ieder mens gebruikt voedsel, energie en grondstoffen, en ieder mens produceert afval. Je **ecologische voetafdruk** is het land- en wateroppervlak dat nodig is voor jouw consumptie en jouw afval. Hoe meer je consumeert, hoe meer 'aarde' daarvoor nodig is. De ecologische voetafdruk wordt uitgedrukt in hectare (ha). Eén hectare is honderd bij honderd meter (100 × 100 m), ongeveer twee voetbalvelden. In afbeelding 1 zie je de grootte van de ecologische voetafdruk per persoon voor verschillende landen.

Afb. 1 Kaart van de ecologische voetafdruk per persoon (2014).



bron van de gegevens: http://data.footprintnetwork.org

Als we de aarde eerlijk 'verdelen', is er voor ieder mens 1,7 ha aarde beschikbaar. De gemiddelde voetafdruk van mensen op aarde is nu 2,6 ha. Dat betekent dat er eigenlijk ruim anderhalve aardbol nodig is om alle mensen te voorzien van voedsel, energie en grondstoffen. We hebben maar één aarde, dus we gebruiken nu meer dan er is. Daardoor raakt de aarde uitgeput.
De gemiddelde voetafdruk van mensen in Nederland is 6,3 ha. Als iedereen op aarde zou leven zoals wij, waren er meer dan drie aardbollen nodig.

DUURZAAMHEID

Als je duurzaam omgaat met het milieu, zorg je ervoor dat het milieu geen schade ondervindt van jouw activiteiten. **Duurzaamheid** betekent dus:

- niet meer stoffen uit het milieu halen dan het milieu kan aanvullen
- niet meer stoffen toevoegen aan het milieu dan het milieu kan verwerken

Een voorbeeld van duurzaamheid is plastics maken uit plantaardige materialen. Van maisstengels of suikerriet kunnen bouwstenen voor bioplastic worden gemaakt. De grondstoffen raken niet uitgeput en het bioplastic is biologisch afbreekbaar.

Om de opwarming van de aarde te stoppen, milieuproblemen op te lossen en de aarde niet verder uit te putten, zijn duurzame oplossingen nodig. Volgens de Verenigde Naties (VN) is **duurzame ontwikkeling**: '... ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien in gevaar te brengen.' Anders gezegd: gebruiken wat we nodig hebben en toch de aarde in dezelfde staat doorgeven aan toekomstige generaties. Er is bijvoorbeeld duurzame energie, duurzame landbouw, duurzame huizenbouw en duurzaam ondernemen. Bij al deze vormen van duurzame ontwikkeling gebruik we wat we nodig hebben (zoals energie en grondstoffen), maar zonder het milieu aan te tasten.
Hierna staan voorbeelden van duurzame oplossingen voor milieuproblemen in Nederland.

OPLOSSING 1: DUURZAME ENERGIE

Duurzame energie is energie die geen milieuvervuiling veroorzaakt en waarbij de energiebron niet opraakt. Voorbeelden van duurzame energie zijn energie uit biobrandstoffen (biomassa), windenergie, zonne-energie en bodemwarmte. In 2017 kwam 6,6% van de in Nederland opgewekte energie uit duurzame bronnen.

Het grootste deel van de duurzame energie die in Nederland wordt opgewekt, komt uit biomassa. **Biomassa** bestaat uit de energierijke stoffen (eiwitten, koolhydraten en vetten) in organisch materiaal, zoals hout, gft-afval, mest en plantaardige olie. Biomassa kan als brandstof worden verbruikt in elektriciteitscentrales. Bij de verbranding ontstaat wel koolstofdioxide, maar dat is door planten tijdens hun groei ook uit de lucht opgenomen. Daardoor stijgt de hoeveelheid koolstofdioxide in de lucht niet. Biomassa kan ook worden gebruikt als grondstof voor brandstof, zoals biodiesel en biogas.
Biomassa heeft ook nadelen. Als gewassen speciaal worden geteeld voor gebruik als biomassa, is hiervoor landbouwgrond nodig. Die grond is dan niet meer beschikbaar om er voedsel op te verbouwen. Bij de teelt van biomassa wordt bovendien vaak kunstmest gebruikt. Ook is er veel water voor nodig.

Windmolens, zonne-energie (zie afbeelding 2) en bodemwarmte zorgen ervoor dat we minder fossiele brandstoffen nodig hebben, waardoor er minder koolstofdioxide en andere schadelijke stoffen in het milieu komen.

Afb. 2 Zonne-energie.

1 een zonneboiler om water te verwarmen

2 zonnepanelen om elektriciteit mee op te wekken

OPLOSSING 2: DUURZAME GRONDSTOFFEN

Bij **hergebruik** wordt een voorwerp opnieuw gebruikt, zoals statiegeldflessen of tweedehands kleding. Bij **recycling** worden afvalproducten als grondstoffen gebruikt voor nieuwe producten. Papier, glas, metalen en kleding worden voor een groot deel gerecycled. Auto's en elektrische apparaten (zoals tv's en computers) worden eerst gedemonteerd. Sommige delen worden hergebruikt, andere gerecycled.
Er zijn ook producten die in hun geheel bruikbaar zijn als grondstof nadat het product is afgedankt. Een voorbeeld zijn biologisch afbreekbare bakjes voor patat, die na gebruik kunnen dienen als compost (voedingsstoffen) voor planten.

Voor het maken van kleding zijn veel grondstoffen en energie nodig. 'Fast fashion' is dan ook een belangrijke oorzaak van vervuiling en uitputting van het milieu. Fast fashion betekent: veel (goedkope) kleding kopen, deze kort dragen en dan weer weggooien.
Het maken van kleding kost ook veel water. Voor één spijkerbroek is bijvoorbeeld zo'n achtduizend liter water nodig. Ook worden in de kledingindustrie veel land, aardolie, energie, verf en andere chemicaliën gebruikt. Duurzame kleding is gemaakt van gerecyclede grondstoffen of van grondstoffen die het milieu weinig belasten, zoals tencel. In tabel 1 zie je hoe duurzaam verschillende stoffen zijn (hoe minder kruisjes, hoe duurzamer).

Tabel 1 Vergelijking kledingmaterialen voor één kilogram stof.

Type doek (1 kg)	Klimaat	Landgebruik	Watergebruik	Grondstoffen	Chemicaliën
Acryl	x	x	x	xxx	x
Elastaan (Lycra)	x	x	x	xxx	xxx
Hennep	x	xx	x	x	x
Katoen (biologisch)	x	xxx	xxx	x	x
Katoen (gerecycled)	x	x	x	x	x
Katoen (nieuw)	x	xx	xxx	x	xxx
Linnen	x	xx	x	x	x
Polyamide (nylon)	xx	x	x	xxx	xx
Polyester	x	x	x	xxx	xxx
Polyester (gerecycled)	x	x	x	xx	x
Tencel (Lyocell)	x	x	x	x	x
Viscose (rayon)	x	xx	x	x	xxx
Wol	xxx	xxx	x	xx	xxx
Zijde	xxx	xxx	xxx	xxx	x

Bron: MilieuCentraal, De impact van kleding, 2019.

Naast duurzamere grondstoffen kun je natuurlijk ook *minder* grondstoffen gebruiken. Want hoe minder mensen consumeren, hoe minder grondstoffen er nodig zijn. Manieren om minder te consumeren zijn bijvoorbeeld:

- Een apparaat laten repareren als het kapot is, in plaats van een nieuw apparaat te kopen.
- Minder kleding kopen en vaker tweedehands kleding kopen.
- Spullen langer gebruiken voor je ze weggooit of vervangt.

OPLOSSING 3: DUURZAME LANDBOUW

De grote hoeveelheid voedsel die in de toekomst nodig is, kan met de bestaande methoden niet worden verbouwd op de huidige land- en tuinbouwgrond. Nieuwe landbouwtechnieken kunnen bijdragen aan een duurzame oplossing. Voorbeelden van nieuwe manieren van voedsel produceren zijn stadslandbouw en verticale landbouw. Ook precisielandbouw, kringlooplandbouw en biologische landbouw kunnen bijdragen aan het duurzamer maken van de landbouw.

Stadslandbouw is voedsel verbouwen in een stedelijke omgeving. Stadslandbouw vindt vaak plaats in gebouwen of op daken. Als voedsel in de stad wordt verbouwd, kan het ook direct in dezelfde stad worden verkocht. Daardoor is minder transport nodig.

Bij **verticale landbouw** worden gewassen gekweekt in bakken boven elkaar (verticaal) met behulp van ledlicht (zie afbeelding 3). Hierdoor is veel minder grond nodig. Door het gebruik van verschillende kleuren licht kan de fotosynthese van planten worden beïnvloed. Hiermee kan de opbrengst worden vergroot.

Afb. 3

1 verticale landbouw

2 precisielandbouw

Precisielandbouw maakt gebruik van technologie om planten heel precies te geven wat ze nodig hebben (voedingsstoffen, licht, water). Een boer gebruikt dan bijvoorbeeld gps, robots, sensoren, drones en computers. De boer bepaalt hierbij niet per veld wat er moet gebeuren, maar per vierkante meter en soms zelfs per plant. Hiermee kan veel worden bespaard op energie en grondstoffen, terwijl de opbrengst van de gewassen niet lager of zelfs hoger wordt.

Bij **kringlooplandbouw** is niet de productie van zo veel en zo goedkoop mogelijk voedsel het belangrijkst, maar een duurzame omgang met natuurlijke hulpbronnen als bodem, lucht en water. Alle biomassa (plantaardig en dierlijk) wordt op de best mogelijke manier gebruikt. Afval wordt hergebruikt als grondstof. Bijvoorbeeld: voedsel dat wij niet meer eten, wordt gebruikt als voer voor dieren. Bij kringlooplandbouw maken boeren slim gebruik van natuurlijke processen (ecologie), gaan ze zuinig om met grondstoffen en zorgen ze voor zo min mogelijk belasting van het milieu en de natuur.

De **biologische landbouw** verbouwt voedsel op een andere manier dan de gangbare landbouw. Biologische landbouw maakt bijvoorbeeld geen gebruik van kunstmest, maar gebruikt alleen mest van dieren, en niet meer dan planten kunnen opnemen. De biologische landbouw werkt niet met monoculturen en gebruikt geen chemische gewasbeschermingsmiddelen. Onkruid wordt mechanisch verwijderd (met de hand of met machines). Een nadeel van de biologische landbouw is dat de opbrengsten vaak lager zijn. Daardoor is meer grond nodig om evenveel voedsel te produceren. Ook zijn de productiekosten hoger, waardoor biologisch voedsel duurder is.

OPLOSSING 4: MINDER VERVUILING

De Nederlandse regering en de landen van de Europese Unie stellen samen regels op waaraan mens, industrie en landbouw zich moeten houden. Allerlei maatregelen gaan milieuvervuiling tegen. Schepen en fabrieken mogen schadelijke stoffen niet lozen in het milieu, maar moeten ze opvangen en op een goede manier verwerken. Afvalwater wordt in Nederland gezuiverd voor het in het oppervlaktewater wordt geloosd. Auto's hebben katalysatoren gekregen, waardoor de uitlaatgassen minder vervuilend zijn. Fabrieken hebben filters in hun schoorstenen aangebracht, en boeren filteren de lucht uit de stallen. In veel andere delen van de wereld zijn deze regels en afspraken er niet. Daar komt nog erg veel vervuiling voor.

Maar ook in Nederland kunnen mensen de vervuiling van het milieu verder verminderen. Oplossingen voor luchtvervuiling zijn bijvoorbeeld:

- minder scooter- en autorijden, vaker het openbaar vervoer of de fiets nemen
- geen vuurwerk afsteken met oud en nieuw
- geen hout stoken in houtkachel, vuurkorf of open haard

OPLOSSING 5: MINDER BROEIKASGASSEN

Om de hoeveelheid koolstofdioxide die in de lucht terechtkomt te verminderen, is het belangrijk dat we minder energie gebruiken. Vooral ons gebruik van fossiele brandstoffen zorgt voor uitstoot van koolstofdioxide. Door minder fossiele brandstoffen te gebruiken, kunnen we de uitstoot terugdringen.
Dit wordt onder andere bereikt door gebouwen te isoleren en door zuinige apparaten te gebruiken. Met behulp van energielabels kun je zien hoe zuinig een huis, apparaat of auto is (zie afbeelding 4).
Ook aanpassingen in de veeteelt kunnen bijdragen aan het terugdringen van broeikasgassen. In de maag van herkauwers als koeien en schapen wordt namelijk methaan geproduceerd. Een gemiddelde koe produceert per jaar 90 kg methaan, vergelijkbaar met de bijdrage aan het broeikaseffect van 120 L benzine. Er wordt onderzoek gedaan naar manieren om de productie van methaan te verminderen.

Afb. 4 Energielabels.

1 energielabel van een huis

2 energielabel van een auto

ZELF DUURZAME KEUZEN MAKEN

Hoe help jij mee om minder energie te verbruiken? Doe jij bijvoorbeeld het licht uit als je niet op je kamer bent? En koop je weleens iets bij de kringloopwinkel?
Dingen die je zelf kunt doen, zijn onder andere:

- afval in een afvalbak gooien en niet op straat
- de verwarming een graadje lager zetten
- geen plastic tasjes en plastic verpakkingen gebruiken
- korter douchen (scheelt water en gas of elektriciteit)
- letten op keurmerken op producten, bijvoorbeeld schriften (milieuvriendelijk papier, zie afbeelding 5)
- minder nieuwe kleding kopen, kleding langer dragen
- reizen met de trein in plaats van met het vliegtuig
- vaker de fiets nemen in plaats van de auto of de scooter

Afb. 5 Tien betrouwbare keurmerken.

KENNIS

1

a Wat wordt bedoeld met je ecologische voetafdruk?
b Hoeveel vierkante meter aarde is er voor iedere mens beschikbaar?
c Hoeveel vierkante meter wordt nu gemiddeld gebruikt door iedere Nederlander?
d De gemiddelde voetafdruk van een inwoner van Qatar is 11,8 ha.
Hoeveel aardbollen zouden er nodig zijn om alle mensen te voorzien van voedsel, energie en spullen als alle mensen op aarde net zo zouden leven als de inwoners van Qatar?

..... aardbollen

2

a Wat is duurzaamheid?
b Waarom zijn bioplastics duurzaam? Geef twee redenen.
c Waarom is energie uit biomassa duurzaam? Geef twee redenen.
d Waarom is zonne-energie een duurzame energiebron? Geef twee redenen.
e Wat betekent ‘duurzame ontwikkeling voor de generaties na ons’?

3

a Wat is het doel van recycling?
b Op welke manier wordt dit doel bereikt?
c Wat zijn manieren om ervoor te zorgen dat er minder grondstoffen worden gebruikt? Geef er minstens drie.

4

a Wat is stadslandbouw?
b Wat is een voordeel van stadslandbouw?
c Wat is verticale landbouw?
d Wat is een voordeel van verticale landbouw?
e Zowel bij precisielandbouw als bij kringlooplandbouw wordt verspilling van energie en grondstoffen tegengegaan, maar de manier waarop dat gebeurt, is verschillend. Beschrijf het verschil.

5

Samenvatting

Duurzame ontwikkeling: .....

.....

Ecologische voetafdruk: .....

.....

.....

.....

.....

	Duurzame oplossing(en)
Broeikasgassen	
Energie	
Grondstoffen	
Landbouw	
Vervuiling	

INZICHT

6

a Duitsland is economisch vergelijkbaar met Nederland. Daar wordt ongeveer evenveel geld verdiend en hebben mensen dezelfde levensstandaard. Toch is de ecologische voetafdruk van Duitsland met 4,6 ha een stukje kleiner.
Waardoor zou de voetafdruk van Duitsers kleiner kunnen zijn dan die van Nederlanders?

b De gemiddelde voetafdruk van een inwoner van Qatar is 11,8 ha. Qatar is een rijke oliestaat die in een woestijngebied in het Midden-Oosten ligt.
Geef een verklaring voor de grote ecologische voetafdruk van Qatar.

7

a Gumdrop is een bedrijf dat zich heeft gespecialiseerd in kauwgomrecycling. Kauwgum bevat vaak plastic vezels. Deze worden gescheiden van de andere ingrediënten. Van de vezels worden kammen, frisbees en zelfs sneakers gemaakt: de zogenoemde 'Gumshoes'.
Leg uit dat de productie van de Gumdropproducten een voorbeeld is van duurzame ontwikkeling.

b Life Materials is een bedrijf dat 'MuSkin' maakt. MuSkin is materiaal voor kleding dat vergelijkbaar is met leer (gemaakt van dierenhuiden) of nepleer (gemaakt van kunststof). De basis van MuSkin ('mushroom skin') zijn paddenstoelen.
Leg uit dat de productie van MuSkin duurzamer is dan die van kunstleer.

c Leer is gemaakt van dierenhuiden, een natuurlijk materiaal.
Leg uit dat de productie van leer van koeienhuiden minder duurzaam is dan de productie van MuSkin.

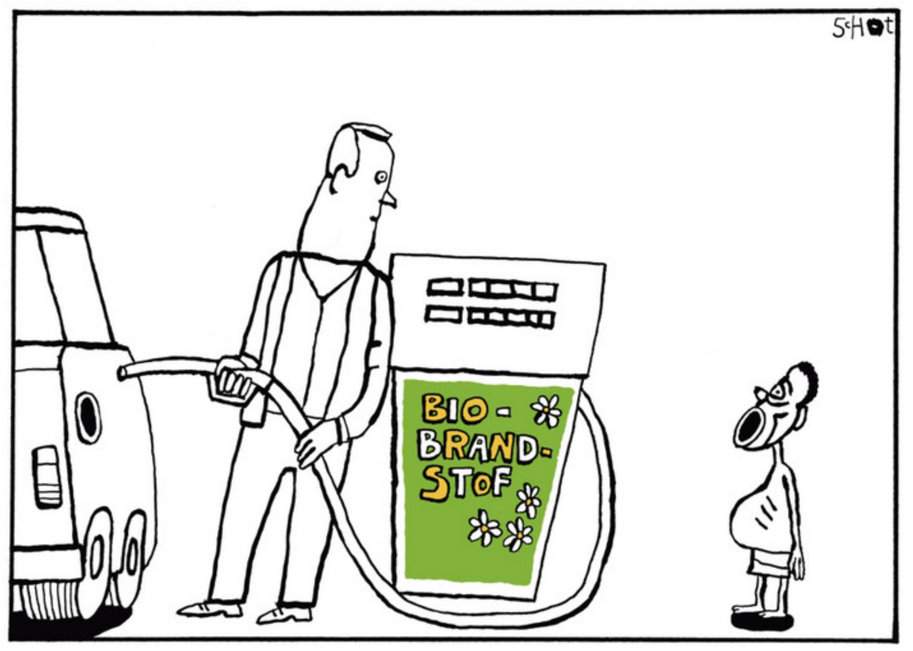
8

a In afbeelding 6 zie je een cartoon over het verbruik van biobrandstof.
Leg uit wat de tekenaar met de cartoon bedoelt.

b Sommige biobrandstoffen worden gemaakt uit afvalhout, landbouwafval (zoals stro en kaf, de harde laag om graankorrels) of gebruikt frituurvet.
Wat is het voordeel van deze biobrandstoffen?

c Er zijn ook biobrandstoffen die worden gemaakt uit algen (eencellige planten). De algen worden speciaal gekweekt voor de productie van biobrandstof.
Wat is een voordeel van biobrandstof uit algen?

Afb. 6 Biobrandstof.



d Palmolie wordt gebruikt als plantaardige olie in voedingsmiddelen en andere producten. Palmolie is ook zeer geschikt om er biodiesel van te maken. Om meer palmolie te kunnen produceren, wordt op Borneo regenwoud gekapt om oliepalmplantages aan te leggen. In de periode 2000–2010 nam het bosoppervlak af met gemiddeld 498 000 ha per jaar.
Hoeveel voetbalvelden aan bosoppervlak gingen in deze periode op Borneo per uur verloren om plaats te maken voor olieplantages? Ga voor een voetbalveld uit van 100 × 50 m. Geef bij je antwoord een berekening.

e In het beschermde natuurgebied Sebangau op Borneo leefden in 1995 nog 12 000 orang-oetans. Nu zijn dat er tussen de 7000 en 9000.
Leg uit hoe de afname van het aantal orang-oetans een gevolg kan zijn van de aanleg van palmolieplantages.

9

Welke dingen doe je zelf om duurzamer te leven? Bij 9 en 10 kun je eigen oplossingen invullen.

Duurzame oplossing	Doe ik al	Wil ik wel proberen
1 Afval in een afvalbak gooien en niet op straat		
2 De verwarming een graadje lager zetten		
3 Geen plastic tasjes en plastic verpakkingen gebruiken		
4 Korter douchen (scheelt water en gas of elektriciteit)		
5 Letten op keurmerken op producten, bijvoorbeeld schriften (milieuvriendelijk papier)		
6 Minder nieuwe kleding kopen, kleding langer dragen		
7 Reizen met de trein in plaats van met het vliegtuig		
8 Vaker de fiets nemen in plaats van de auto of de scooter		
9		
10		

10

In biomassacentrales wordt ‘groene energie’ opgewekt door de verbranding van biomassa.

a Leg uit dat biomassacentrales dezelfde schadelijke stoffen (koolstofdioxide, fijnstof en stikstof) uitstoten als kolencentrales.

b Hout wordt door de Europese Unie gezien als een klimaatneutrale energiebron, omdat de koolstofdioxide die vrijkomt bij het verbranden van hout door het aanplanten van nieuwe bomen kan worden opgenomen.
Geef een argument waarom dit niet voor de korte termijn geldt.

c Hout dat in Nederland wordt gebruikt om groene stroom op te wekken, is deels afkomstig uit de Verenigde Staten. Om aan de vraag naar biomassa te voldoen, wordt onder andere oerbos gekapt. Nieuw aangeplant bos bestaat vooral uit dennenbomen die worden gebruikt voor de productie van pellets (biobrandstof van samengeperst organisch materiaal). Ook die pellets worden als biomassa naar onder meer Nederland verscheept. Het jonge bos neemt veel minder koolstofdioxide op dan het oorspronkelijke oerbos.
Is de biomassa die uit de Verenigde Staten komt duurzaam? Geef drie argumenten.

d Is het duurzaam om in biomassacentrales hout bij te stoken dat afkomstig is uit restafval van bijvoorbeeld de meubelindustrie?

+ 11

In het Amazonegebied worden grote delen bos platgebrand voor de aanleg van landbouwgrond voor de productie van sojabonen (zie afbeelding 7). Sojabonen zijn een belangrijke vleesvervanger voor veel vegetariërs in Nederland.

a Er wordt vaak beweerd dat het duurzamer is om vegetariër te zijn dan om vlees te eten. Geldt dat ook in deze situatie?

b Hoe zou je de teelt van sojabonen duurzamer kunnen maken?

Afb. 7 Een sojaveld naast het oerwoud in het Amazonegebied.

SAMENHANG beroep

ONDERZOEKER VEENWEIDEN

John Couwenberg is wetenschappelijk medewerker aan de Universiteit van Greifswald in Duitsland en doet al jaren onderzoek aan veen. Veen is opgebouwd uit dode, niet volledig afgebroken resten van planten. Deze resten zijn gedurende duizenden jaren als dikke pakketten afgezet. Veengrond houdt veel vocht vast en is daardoor slap.
'We proberen te begrijpen hoe venen als ecosysteem werken: als een systeem dat bestaat uit planten, veen en water. Zodra er iets verandert aan een van die drie, veranderen de andere twee ook.' Dat kun je goed zien aan drooggelegde veengebieden. Op drooggelegd veen kunnen boeren met hun zware tractoren rijden of hun vee laten grazen, waardoor het als akker of veenweide kan worden gebruikt. Maar veen dat eeuwenlang onder het grondwater heeft gelegen en dan ineens aan de lucht wordt blootgesteld, 'verbrandt'. Onder invloed van de verse zuurstof uit de lucht breken micro-organismen de oude plantenresten af. Het veen verbrandt grotendeels tot koolstofdioxide en de bodem daalt.
'De resultaten van ons onderzoek naar de gevolgen en de mogelijkheden van vernatting van het veen kunnen ook worden gebruikt voor duurzame landbouwmethoden. Zo wordt er in Nederland al gekeken naar gewassen die goed tegen water kunnen, zoals de lisdodde, ook wel rietsigaar genoemd. Dit gewas, waarvoor geen kunstmest nodig is, kan onder andere worden gebruikt in veevoer. De vezels van deze plant kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt in constructiematerialen, isolatieplaten en als bijproduct in veevoer.'

Afb. 8 Onderzoeker John Couwenberg in een veengebied.

12

a Lees de tekst 'Onderzoeker veenweiden'.
De bodem van drooggelegd veen daalt. Leg uit hoe dat kan.

b Waarom leidt het verbouwen van 'waterminnende planten' als de lisdodde tot minder broeikasgassen?

c Leg uit waarom het verbouwen van lisdodde als een vorm van duurzame landbouw kan worden gezien.

d Voor het verbouwen van lisdodde hoeft geen kunstmest te worden gebruikt, voor andere gewassen meestal wel.
Leg uit dat de teelt van lisdodde minder vervuilend is dan van veel andere gewassen.

e Verandert de ecologische voetafdruk van Nederland als drooggelegde veengebieden weer nat worden gemaakt en bijvoorbeeld worden gebruikt om lisdodde te verbouwen? Leg je antwoord uit.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

Samenhang

DE PEST AAN DE RODE RIVIERKREEFT

Misschien ben je hem weleens tegengekomen, platgereden op de weg of met zijn scharen omhoog in de berm langs het fietspad: de rode Amerikaanse rivierkreeft, oftewel *Procambarus clarkii*. Inmiddels zwemmen er honderdduizenden exemplaren rond in de Nederlandse wateren en is de kreeft officieel een 'invasieve exoot': een door de mens verspreide soort die schadelijk is voor de Nederlandse natuur. Maar hoe is hij hier gekomen, en (hoe) komen we ervan af?

RODE PUKKELTJES

Even kennismaken: *Procambarus clarkii* is een zoetwaterkreeft die oorspronkelijk alleen in Mexico en het zuiden van de Verenigde Staten voorkwam. Hij heeft een donkerrode kleur (ook ongekookt!) en is al met vier maanden vruchtbaar. Als volwassen kreeft is hij zo'n 12 tot 15 cm lang. De scharen zijn lang en zitten vol rode pukkeltjes (zie afbeelding 1). In de vorige eeuw brachten handelaren de kreeften de hele wereld over om ze te verkopen als aquariumdier of als voedsel. In 1985 kwam de rode rivierkreeft ook in Nederland terecht, waarschijnlijk doordat restauranteigenaars die de kreeften opgestuurd kregen, ze uit medelijden in de sloot zetten.

Afb. 1 Een dreigende rode rivierkreeft.

KREEFTEN OP STRAAT

Inmiddels krioelen de sloten en rivieren in het westen van Nederland van de rode rivierkreeften. In Amsterdam lopen er soms zelfs kreeften over straat! Het gebeurt wel vaker dat buitenlandse planten en dieren in de Nederlandse natuur terechtkomen, maar weinige veroorzaken zoveel problemen als de rode rivierkreeft. Om te beginnen is het een enorme gulzigaard, die zijn scharen zet in alles wat hij tegenkomt. Slakken, wormen, kikkervisjes en libellenlarven, maar ook plantenresten en levende waterplanten staan op zijn menu. Het gevolg is dat waterplanten afsterven, waardoor diverse soorten vissen, amfibieën en kevers hun leefomgeving verliezen. Watervogels die leven van de waterdiertjes die hij eet, raken hun voedsel kwijt.

Ook vervelend: de rode rivierkreeft maakt een gatenkaas van slootkanten en rivieroevers. Vrouwtjeskreeften graven lange gangen in slootkanten om hun eitjes te leggen. Tractors of koeien die te dicht bij de kant komen, kunnen daardoor zomaar wegzakken en in de sloot belanden. Door al het gegraaf van rivierkreeften komt er meer modder in de sloten en wordt het water troebeler.

Ten slotte kunnen rode rivierkreeften een gevaarlijke ziekte verspreiden: de kreeftenpest. Bij deze ziekte dringt de eencellige *Aphanomyces astaci* door het pantser van kreeften heen, vormt een soort lange schimmeldraden en geeft enzymen af, waardoor de kreeft uiteindelijk doodgaat. De rode rivierkreeft is resistent (ongevoelig) tegen de kreeftenpest doordat hij het binnendringen van het organisme blokkeert met de stof melanine. Hij kan de pest dan nog wel doorgeven aan kreeften die geen melanine kunnen aanmaken. De Europese rivierkreeft (*Astacus astacus*), die vroeger de meest voorkomende Nederlandse zoetwaterkreeft was, is daardoor in grote delen van Europa uitgestorven. In Nederland komt de kreeft alleen nog maar voor in vijvers op de Veluwe.

ALL YOU CAN EAT

Het is dus wel duidelijk dat we de rode rivierkreeft liever kwijt dan rijk zijn. Inmiddels is de jacht op deze indringers geopend. Beroepsvissers vangen de kreeften met speciale fuiken en verkopen die als delicatesse aan restaurants. Je kunt de kreeft rauw eten als sushi of gekookt in de soep. Zelfs de pantsers zijn bruikbaar om soepen en sauzen op smaak te brengen. Dieren zoals reigers, futen, bruine ratten, bevers, vossen, eenden, kraaien, palingen, buizerds, ijsvogels en otters lusten trouwens ook best een rivierkreeft (zie afbeelding 2). Die vinden het vast niet erg dat de sloten en rivieren een all-you-can-eat buffet van rode rivierkreeften zijn geworden. En ook jij kunt je steentje (of beter gezegd: netje) bijdragen. Je mag de kreeften zo aan de hengel slaan of met een net van de weg scheppen. Dan nog iemand zoeken die er een lekker hapje van maakt!

Afb. 2 Een ijsvogel eet een rivierkreeft.

OPDRACHTEN

1

a Rode rivierkreeften zijn *carnivoren* / *herbivoren* / *omnivoren*.

b Zet in het voedselweb van afbeelding 3 pijlen van en naar de soorten die de kreeft eten of erdoor gegeten worden.

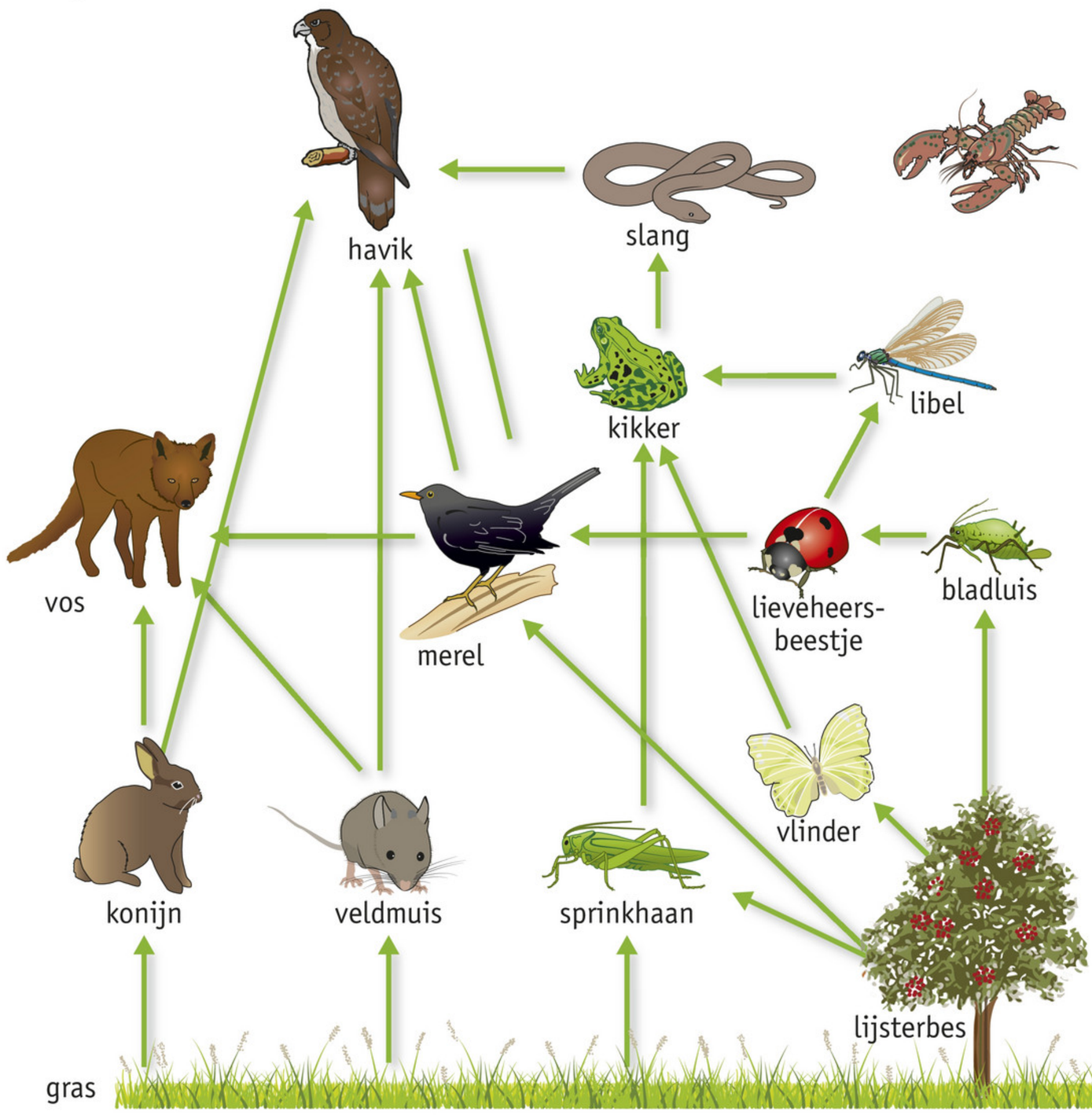
c Wat is de rode rivierkreeft?

- ☐ A afvaleter
- ☐ B consument van de eerste orde
- ☐ C consument van de tweede orde
- ☐ D producent

d Wat is het effect van de korte levenscyclus van rode rivierkreeften op hun populatiegrootte?

e Beroepsvissers gebruiken geen netten maar fuiken om de rode rivierkreeften te vangen. Met netten vang je alleen de grootste exemplaren, die onder andere kleinere soortgenoten eten.
Voor het bereiken van een biologisch evenwicht is het beter om geen netten te gebruiken.
Leg dat uit.

Afb. 3 Een voedselweb.



2

a De populatiegrootte van de Europese rivierkreeft is vooral omlaaggegaan door *commensalisme* / *concurrentie* / *mutualisme* / *parasitisme*.

b De veroorzaker van de kreeftenpest, de eencellige *Aphanomyces astaci*, heeft een celwand en een celkern, maar geen bladgroenkorrels.
In leerjaar 1 heb je geleerd dat organismen worden ingedeeld in zeven rijken.
Tot welke rijken kan *Aphanomyces astaci* op grond van deze kenmerken behoren?

☐ A archaea
☐ B bacteriën
☐ C chromista
☐ D dieren
☐ E planten
☐ F protozoa
☐ G schimmels

c De rode rivierkreeft komt oorspronkelijk uit Mexico en het zuiden van de VS. Tegenwoordig komt hij behalve in Nederland bijvoorbeeld ook voor in Kenia en Duitsland.
Wat zegt dit over de optimumkromme van de milieutemperatuur bij de rode rivierkreeft?

d Kreeften die over de weg lopen, zijn vaak vrouwtjes op zoek naar een nieuw territorium. Onder hun staart hebben de vrouwtjes honderden kleine kreeftjes vastgeklemd.
Leg uit dat de aanpassing 'over land kunnen lopen' de overlevingskans voor de kleine kreeftjes vergroot.

3

a Leg uit hoe met behulp van eDNA-technieken invasies van de rode rivierkreeften in nieuwe gebieden kunnen worden voorkomen.

b Noteer twee abiotische factoren waar rode rivierkreeften invloed op hebben.

c In een bepaalde gemeente is het plan geopperd om de rode rivierkreeft te bestrijden met stierkikkers: enorme kikkers die alles eten wat los en vast zit. Dit plan is verworpen.
Leg uit waarom het inzetten van de stierkikker geen effectieve vorm van natuurbeheer is.

d Leg uit dat de rode rivierkreeft een positief effect kan hebben op de populatie van de otter in Nederland.

4

a Het pantser van rivierkreeften bestaat voornamelijk uit chitine, een stof vergelijkbaar met cellulose. Mensen kunnen kreeftenpantsers niet verteren.
Leg uit waarom niet.

b Zo'n 15 tot 20% van het lichaam van een kreeft bestaat uit spieren.
Leg uit dat maar een klein deel van de energie uit biomassa van een kreeft voor de mens beschikbaar is.

c Bij veel supermarkten kun je rivierkreeftenvlees kopen. Vaak komt dit vlees van rode rivierkreeften uit China.
Leg uit dat het niet duurzaam is om kreeftenvlees uit China te importeren.

d Volgens kenners heeft de lever van een kreeft (ook wel 'krabbenvet' genoemd, omdat het een vet orgaan is) een heerlijke smaak. Toch kun je die maar beter niet eten als de kreeft uit vervuild water is gevangen.
Leg uit waarom niet.

7 Energiestroom in een ecosysteem

LEERDOEL

6.7.15 Je kunt de energiestroom in een ecosysteem beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	6.7.15	6.1.3*
Onthouden		
Begrijpen	1ab, 2bc, 3a	
Toepassen	1c, 2ad, 3b	1c
Analyseren	3c, 4	

* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.

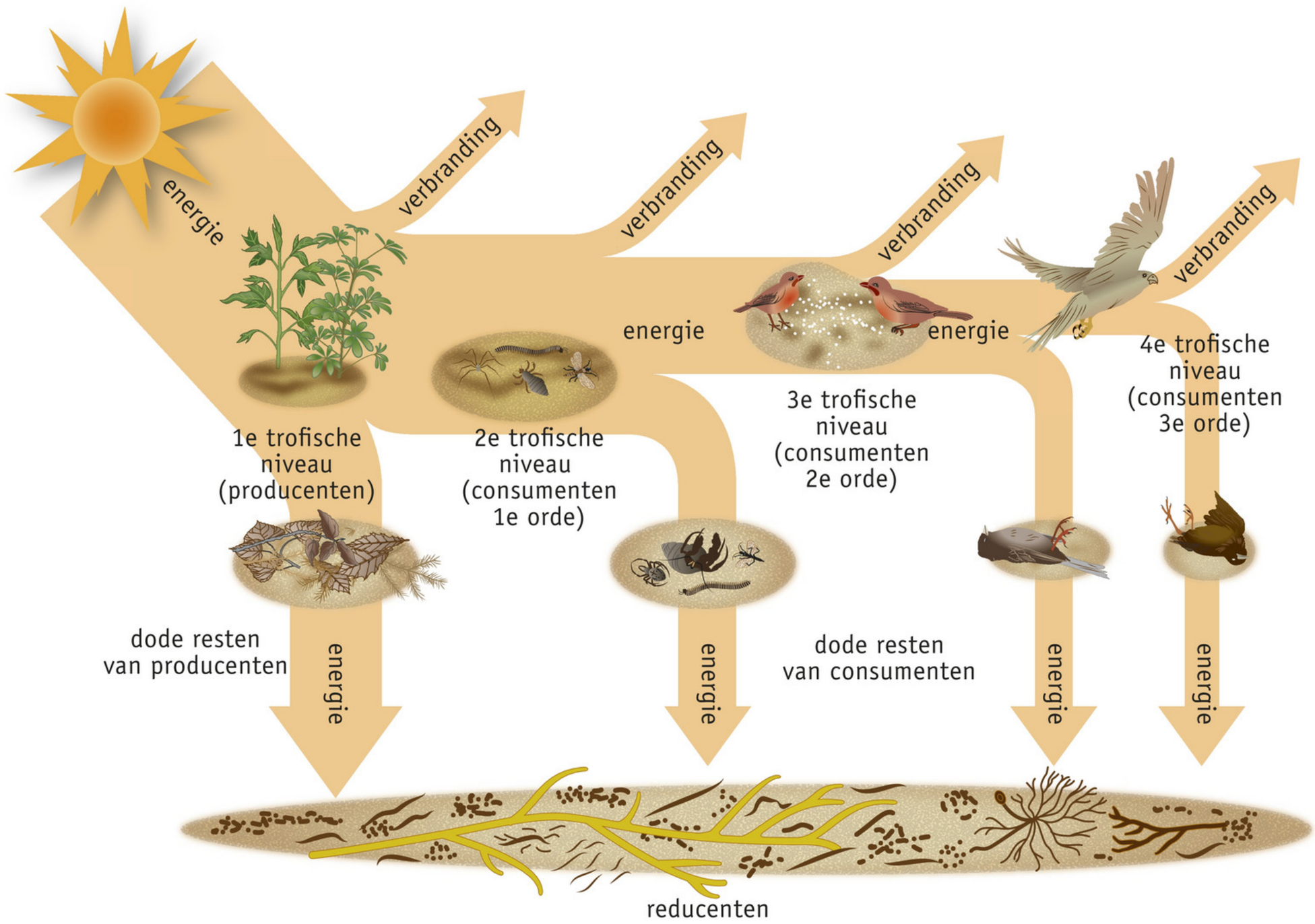
In planten vindt fotosynthese plaats doordat planten bladgroen hebben. Bij de fotosynthese wordt uit koolstofdioxide en water een energierijke stof (glucose) gemaakt.

ENERGIESTROOM

Planten zijn autotroof: ze maken zelf energierijke stoffen uit zonlicht. Organismen zonder bladgroen zijn heterotroof: ze moeten energierijke stoffen binnenkrijgen met hun voedsel. De plaats van een organisme in een voedselketen noem je het **trofische niveau**. Producenten zijn autotroof en vormen het eerste trofische niveau, consumenten van de eerste orde het tweede trofische niveau, consumenten van de tweede orde het derde trofische niveau, enzovoort. In elk trofisch niveau neemt de biomassa af. Dit komt doordat de energie in het voedsel op verschillende manieren wordt gebruikt.

In ecosystemen wordt energie van het ene trofische niveau doorgegeven aan het volgende trofische niveau. Er is sprake van een **energiestroom** (zie afbeelding 1). Planten leggen energie uit (zon)licht vast in glucose door middel van fotosynthese. Bij de verbranding van glucose komt de energie weer vrij. Daarom noem je glucose een **energierijke stof**.
In planten ontstaan uit glucose andere stoffen. Omdat de energie uit de glucose nu in deze andere stoffen zit, zijn dit ook energierijke stoffen. Voorbeelden van zulke stoffen zijn DNA, eiwitten, koolhydraten en vetten. Het zijn de bouwstoffen waaruit organismen bestaan.

Afb. 1 De energiestroom in een ecosysteem.



Om deze bouwstoffen te produceren is energie nodig. Hiertoe verbrandt de plant een deel van de glucose. Ook voor andere processen, zoals het vervoer van stoffen, is energie nodig. Door de verbranding is een deel van de energie niet beschikbaar voor het volgende trofische niveau, maar gaat verloren als warmte.

Van de biomassa van de producenten wordt een deel gegeten door consumenten. De energie in deze producenten wordt zo doorgegeven aan het volgende trofische niveau. De consumenten gebruiken een deel van de energierijke stoffen om te groeien. Hun biomassa wordt hierdoor groter. De rest van de energierijke stoffen wordt verbrand. Hierdoor komt energie vrij om bijvoorbeeld te bewegen.

Bij elke schakel van een voedselketen ontstaat afval van organismen en sterven individuen zonder dat ze worden gegeten. De energierijke stoffen van deze dode resten verdwijnen uit de voedselketen. De energie in deze energierijke stoffen wordt benut door reducenten. Uiteindelijk worden alle energierijke stoffen verbrand. Water en koolstofdioxide komen daardoor weer beschikbaar voor planten, die de energie uit zonlicht opnieuw kunnen vastleggen.

OPDRACHTEN

1 Organismen worden ingedeeld in rijken, waaronder bacteriën, dieren, planten en schimmels.

a In welk rijk zijn de organismen autotroof?
in het rijk van de *bacteriën* / *dieren* / *planten* / *schimmels*

b In welke rijken zijn de organismen heterotroof?
in het rijk van de *bacteriën* / *dieren* / *planten* / *schimmels*

c Waarom kan een voedselketen niet met een diersoort beginnen?

2 Een koe krijgt energierijke stoffen binnen als ze gras eet. In het cirkeldiagram van afbeelding 2 is weergegeven wat er met deze energierijke stoffen gebeurt.

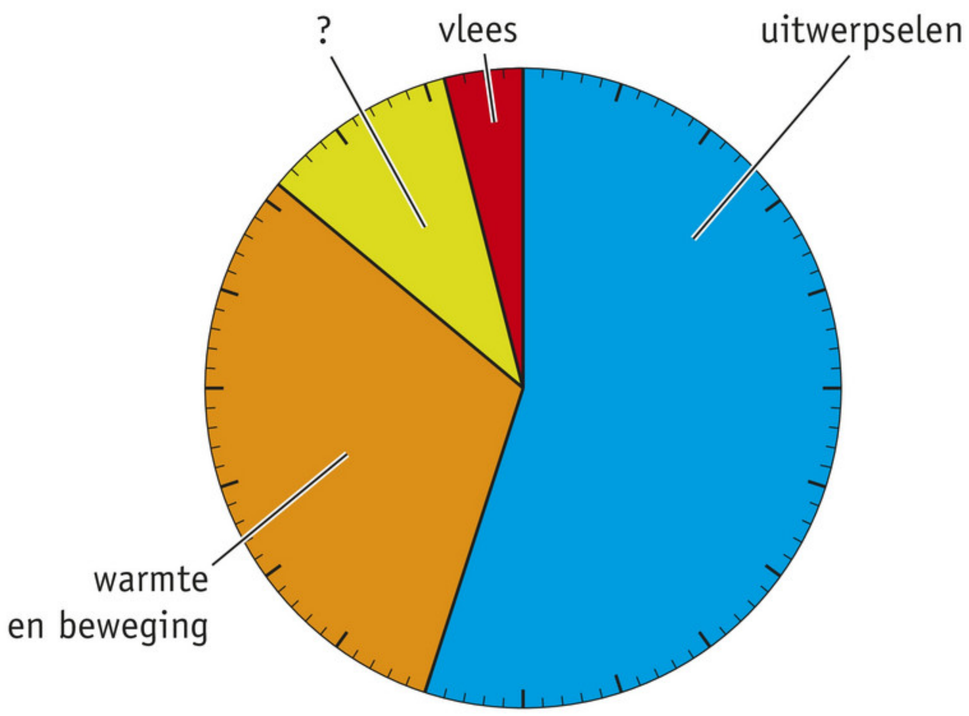
a Bij één punt van het cirkeldiagram is niet aangegeven wat ermee gebeurt.
Wat geeft dit deel van het diagram aan?

b Hoeveel procent van deze energierijke stoffen wordt helemaal niet door de koe gebruikt? ..... %

c Hoeveel procent wordt als brandstof verbruikt? ..... %

d Een bepaald weiland levert ongeveer 10 000 kg gras per jaar op.
Zullen koeien per jaar 10 000 kg zwaarder kunnen worden als ze alleen leven van het gras van dit weiland? Leg je antwoord uit.

Afb. 2



3

a In welk(e) trofisch(e) niveau(s) kan fotosynthese plaatsvinden? Leg je antwoord uit.

b In een ecosysteem is voor organismen op het derde trofische niveau minder energie beschikbaar dan voor organismen op het tweede trofische niveau.
Leg uit waardoor dit komt.

c Reducenten maken energie vrij door de afbraak van energierijke stoffen in dode resten van producenten en consumenten.
Welke energierijke stoffen worden in elk geval door reducenten afgebroken?

+ 4 Om 1 kg rundvlees te produceren is ongeveer 30 kg voer nodig. Voor de productie van 1 kg eetbaar insectenvlees is dat maar ongeveer 3 kg.
Waardoor hebben insecten om zwaarder te worden minder energierijke stoffen nodig dan runderen?

Ga naar de *Flitskaarten*.

8 Voedselproductie

LEERDOEL

6.8.16 Je kunt de landbouw in Nederland beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	6.8.16	6.1.3*	6.5.10*
Onthouden			
Begrijpen	2a, 4a, 5a, 6a, 7		2a
Toepassen	1a, 3c, 4b, 5bc, 6bc	1b	1a
Analyseren	2bc, 3ab, 6d		2b

* Dit leerdoel vind je in een andere basisstof.

Onderzoekers hebben berekend dat er in 2050 meer dan negen miljard mensen op aarde zijn. Om al deze mensen te kunnen voeden, zal de voedselproductie moeten verdubbelen.

LANDBOUW

Onder **landbouw** vallen alle activiteiten waarbij het natuurlijk milieu wordt aangepast voor de productie van voedsel. Er zijn drie soorten landbouw:

- akkerbouw (grote velden met aardappels, suikerbieten, graan)
- veeteelt (weilanden en stallen met koeien, varkens, kippen, schapen, geiten)
- tuinbouw (kassen en kleine velden met groenten en fruit)

Afb. 1 Drie soorten landbouw.

1 akkerbouw

2 veeteelt

3 tuinbouw

De planten die in de akkerbouw en de tuinbouw worden verbouwd, heten **voedingsgewassen**. De dieren die in de veeteelt worden gehouden, noem je **landbouwhuisdieren**. Al eeuwen proberen mensen de opbrengst van voedingsgewassen en landbouwhuisdieren zo hoog mogelijk te maken. Bij voedingsgewassen kan dat door de bodem te bemesten en te bewerken en de gewassen te beschermen tegen ziekten en plagen. Bij landbouwhuisdieren kan dat door de dieren speciaal voer te geven en ze te beschermen tegen ziekten. Ook kan de opbrengst worden verhoogd door te kruisen, te fokken of gebruik te maken van moderne technieken uit de biotechnologie.

AKKERBOUW

Akkerbouwbedrijven zijn vaak grote bedrijven met heel veel grond. Meestal wordt op een grote akker maar één soort gewas verbouwd (monocultuur), bijvoorbeeld aardappelen, tarwe of suikerbieten.

Monoculturen hebben voor akkerbouwers grote voordelen. Er kunnen grote machines worden gebruikt om de bodem te bewerken en om te oogsten. Dat gaat snel en gemakkelijk. Bij monoculturen kunnen de gewassen goedkoop worden verbouwd. Monoculturen hebben ook nadelen. Een monocultuur betekent veel voedsel voor insecten. Daardoor is er een grotere kans op insectenplagen. In een monocultuur staan de planten dicht op elkaar. Daardoor kunnen ziekteverwekkers zich gemakkelijk verspreiden onder planten.

Ook raakt de bodem door monocultuur snel uitgeput. Er wordt dan mest gebruikt om de mineralen aan te vullen. Er bestaan twee soorten mest: organische mest en kunstmest. **Organische mest** is afkomstig van organismen. Door de mest als vloeistof in de grond te injecteren, komen er minder meststoffen in het milieu terecht (zie afbeelding 2). **Kunstmest** wordt kunstmatig gemaakt in laboratoria of fabrieken. Met kunstmest kan een boer beter bepalen welke en hoeveel mineralen er in de bodem komen.

Afb. 2 Mestinjectie op een grasveld.

GEWASBESCHERMING

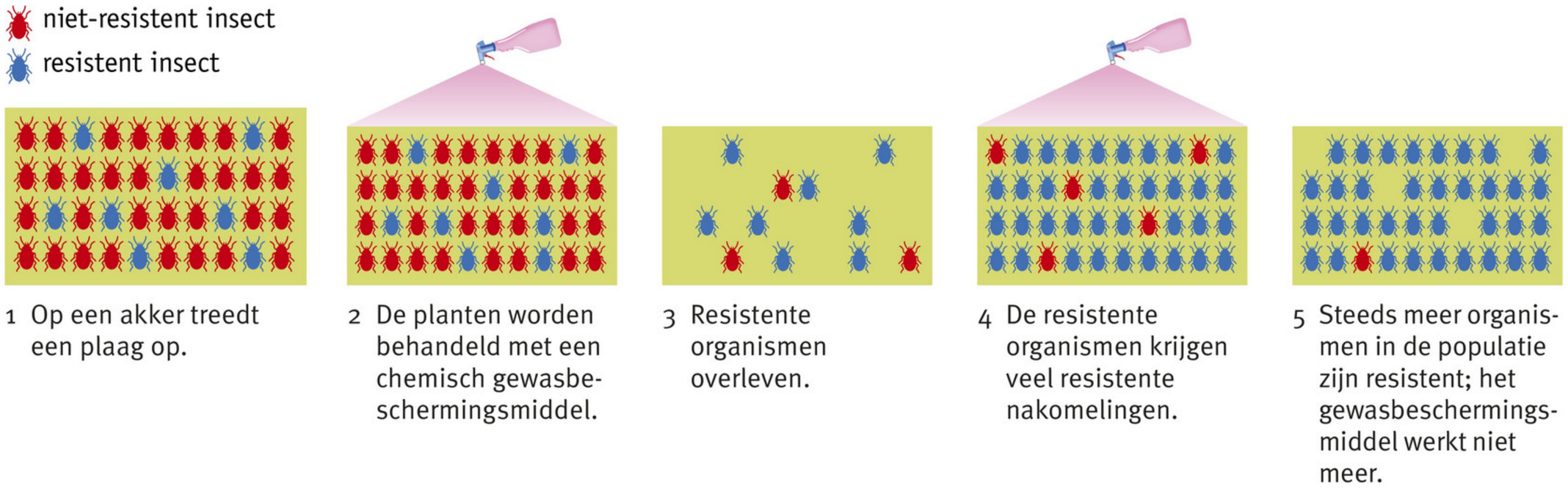
In de landbouw worden voedingsgewassen beschermd tegen ziekten met chemische gewasbeschermingsmiddelen of op een biologische manier.
Er zijn veel chemische gewasbeschermingsmiddelen (pesticiden) die worden gebruikt om plantenziekten en plagen te bestrijden. Chemische gewasbeschermingsmiddelen zijn **biociden**, wat betekent dat ze levende organismen doden. Ze hebben als voordeel dat ze snel effect hebben. Ziekten en plagen kunnen met deze middelen meestal goed worden bestreden.

Chemische gewasbeschermingsmiddelen hebben echter veel nadelen. Ze doden niet alleen schadelijke, maar ook vaak onschadelijke en zelfs nuttige soorten. Deze middelen noem je **niet-selectieve gewasbeschermingsmiddelen**. Het is ingewikkeld en dus ook duur om selectieve biociden te ontwikkelen.

Een ander nadeel is dat bij de soort die wordt bestreden vaak al snel resistentie optreedt tegen het gewasbeschermingsmiddel. Bij geslachtelijke voortplanting ontstaan verschillende genotypen. Bij een soort die wordt bestreden, blijken vaak organismen voor te komen met een genotype waardoor ze ongevoelig of minder gevoelig zijn voor het gebruikte gewasbeschermingsmiddel. Deze organismen zijn **resistent**. Vooral deze resistente organismen overleven en planten zich voort (zie afbeelding 3). Hierdoor kan na een aantal generaties de hele soort resistent zijn voor het gebruikte gewasbeschermingsmiddel. Er treedt dan een nieuwe plaag op. Om deze plaag te bestrijden moet dan een grotere hoeveelheid of een ander gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt.

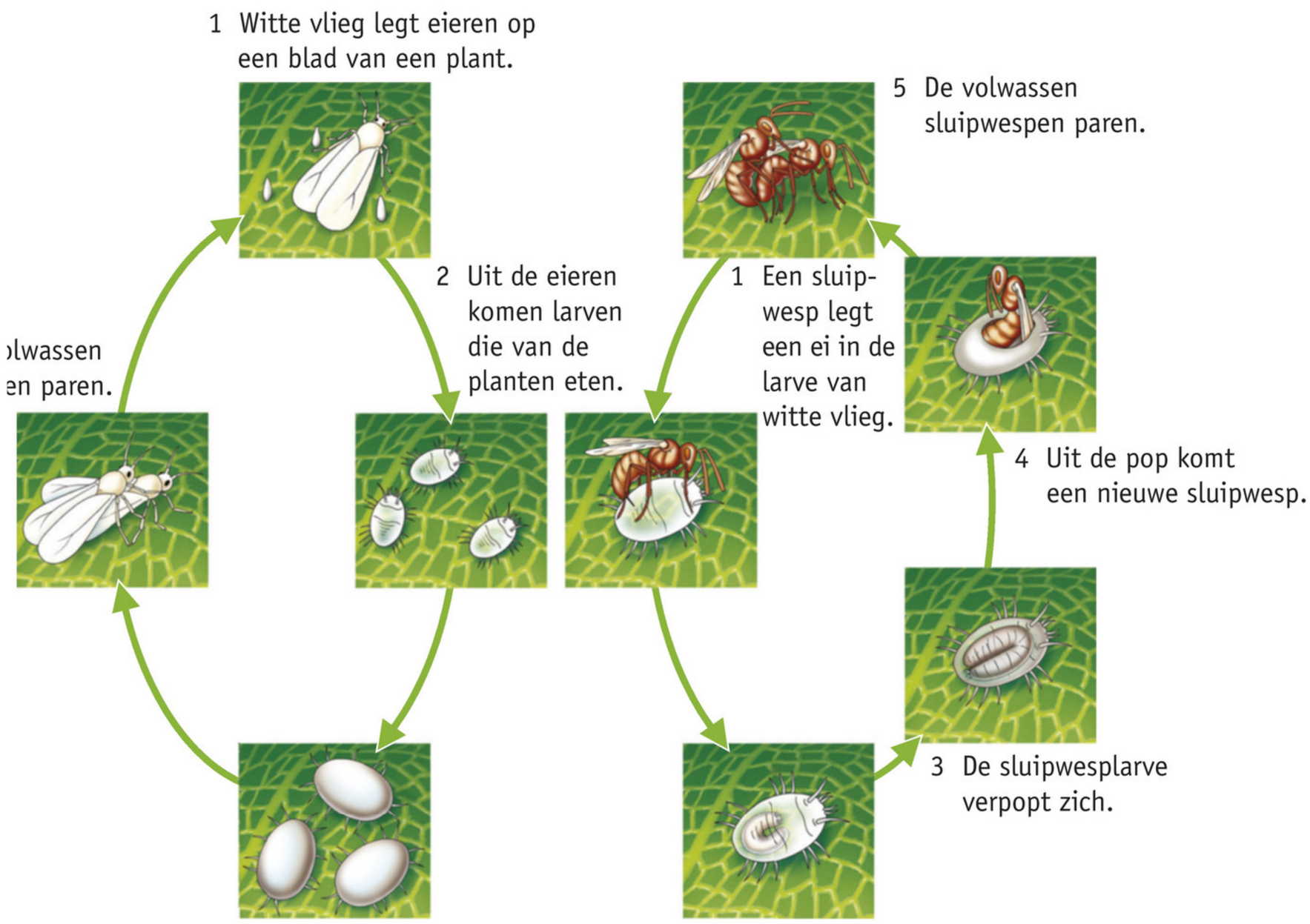
Een derde nadeel van chemische gewasbeschermingsmiddelen is dat ze in de voedselketen terecht kunnen komen. Daar treedt accumulatie op (ophoping van gifstoffen in organismen hoger in de voedselketen).

Afb. 3 Het ontstaan van resistentie tegen een chemisch gewasbeschermingsmiddel.



Bij biologische gewasbescherming wordt gebruikgemaakt van biologische verschijnselen. Er worden geen chemische gewasbeschermingsmiddelen gebruikt, maar wel gifstoffen die uit de natuur komen. Sommige soorten insecten kunnen worden bestreden met dieren die in de natuur een vijand zijn van deze insecten. Dit zijn de **natuurlijke vijanden**. Het gebruiken van natuurlijke vijanden wordt ook wel **biologische gewasbescherming** genoemd. Een voorbeeld van deze aanpak is de bestrijding van witte vlieg met sluipwespen (zie afbeelding 4).

Afb. 4 Biologische bestrijding van witte vlieg met sluipwespen.



BIOLOGISCHE LANDBOUW

De biologische landbouw probeert het milieu te sparen en toch voldoende voedsel te produceren. Zo worden monoculturen vermeden en kleine stukken grond met elkaar afgewisseld. Daardoor is de kans op insectenplagen kleiner. Ook breiden ziekten van het gewas zich minder snel uit. Verder wordt **vruchtwisseling** toegepast. Op een bepaald stuk grond wordt dan nooit twee jaar achter elkaar hetzelfde gewas verbouwd. Ook dit vermindert de kans op ziekten en plagen. In afbeelding 5 staan de belangrijkste kenmerken van de biologische landbouw.

Afb. 5

Biologische landbouw

Biologische akker- en tuinbouw:
- maakt geen gebruik van kunstmest;
- gebruikt alleen mest van biologische veeteelt;
- bemest niet meer dan planten kunnen opnemen;
- past geen monoculturen toe;
- gebruikt geen chemische gewasbeschermingsmiddelen.

Voedingsgewassen beschermen tegen ziekten en plagen door:
- vruchtwisseling toe te passen;
- verschillende soorten voedingsgewassen te verbouwen op kleine stukken grond;
- insectenplagen te bestrijden met natuurlijke vijanden.

Biologische veeteelt:
- geeft dieren de ruimte om los te lopen (te scharrelen);
- geeft dieren biologisch geteeld veevoer;
- houdt rekening met het welzijn van de dieren;
- gebruikt diergeneesmiddelen pas als een dier ziek is.

Biologische producten:
- bevatten geen resten van chemische gewasbeschermingsmiddelen;
- bevatten geen chemische geur-, kleur- en smaakstoffen.

OPDRACHTEN

1 Emelten zijn de larven van langpootmuggen (zie afbeelding 6). Emelten leven vooral in vochtig grasland, twee tot drie centimeter onder de grond. Ze vreten aan jonge wortels van grasplanten. Hierdoor ontstaan kale plekken in het grasland. Een stuk grasland in Nederland is meestal een monocultuur. De langpootmuggen kunnen zich daar goed in voortplanten.

a Waardoor kan het aantal emelten in grasland snel toenemen?

b Emelten worden soms bestreden met chemische bestrijdingsmiddelen. Niet alle emelten gaan daaraan dood. Emelten worden gegeten door spreeuwen.
Welk organisme bevat na verloop van tijd de hoogste concentratie bestrijdingsmiddelen?

○ A Een emelt, want die eet het gras met bestrijdingsmiddelen.
○ B Een langpootmug, want die ontstaat uit een emelt.
○ C Een spreeuw, want die eet veel emelten.

Afb. 6

1 langpootmug

2 emelt

2

a Waardoor hebben de gewassen in monoculturen vaak last van ziekten?

b Vroeger werden akkers vaak afgewisseld met kleine bosjes en houtwallen. In de vorige eeuw werden deze kleine akkers samengevoegd tot grote akkers. Hierdoor verdwenen de bosjes en houtwallen. In gebieden met monoculturen is het aantal soorten kleine insectenetende vogels afgenomen.
Geef hiervoor twee mogelijke oorzaken.

c Wordt de kans op insectenplagen hierdoor groter of kleiner? Leg je antwoord uit.

3

De Belgische ecoloog en milieuactivist Stijn Bruers is kritisch over de biologische landbouw. Zo zegt hij dat dierlijke mest afkomstig is van dieren die broeikasgassen uitstoten. Ook eten deze dieren soja waarvoor aan de andere kant van de wereld bossen zijn gekapt. Zelf is hij een voorstander van kunstmest, omdat je dat heel precies kunt toedienen.

a Geef een argument voor het gebruik van dierlijke mest.

b Kun je op grond van de argumenten van Stijn Bruers zeggen dat kunstmest beter is dan dierlijke mest?

c Leg uit dat er in Nederland minder ruimte zou zijn voor de natuur als alle akkerbouw biologisch zou zijn.

4

Gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen worden in de bodem opgenomen.

a Welk nadeel hebben biociden voor nuttige organismen in de bodem?

b Leg uit dat het gebruik van kunstmest schadelijk kan zijn voor ons drinkwater.

5

a Hoort het begrip bij biologische of bij gangbare landbouw?

- chemische bestrijdingsmiddelen *biologisch / gangbaar*
- dierlijke mest *biologisch / gangbaar*
- kunstmest *biologisch / gangbaar*
- mechanische onkruidbestrijding *biologisch / gangbaar*
- monocultuur *biologisch / gangbaar*
- vruchtwisseling *biologisch / gangbaar*

b Wat zijn de voordelen van monoculturen?

c Wat zijn de nadelen van monoculturen?

6

a Tuinbouw vindt vaak plaats in kassen. In veel kassen wordt geregeld hoeveel koolstofdioxide de lucht in de kassen bevat.
Voor welk proces in planten is koolstofdioxide van belang?

b Vooral in de winter zie je regelmatig kassen waarin lampen volop branden.
Leg uit dat hierdoor de groei van de planten in de kassen wordt bevorderd.

c Veel kwekers van tomaten laten hommels in hun kas vliegen.
Waarvoor zijn de hommels belangrijk?

d Milieuorganisaties vinden dat je 'groenten van het seizoen' moet eten, in plaats van het hele jaar door kasgroenten.
Wat vind jij daarvan?

7

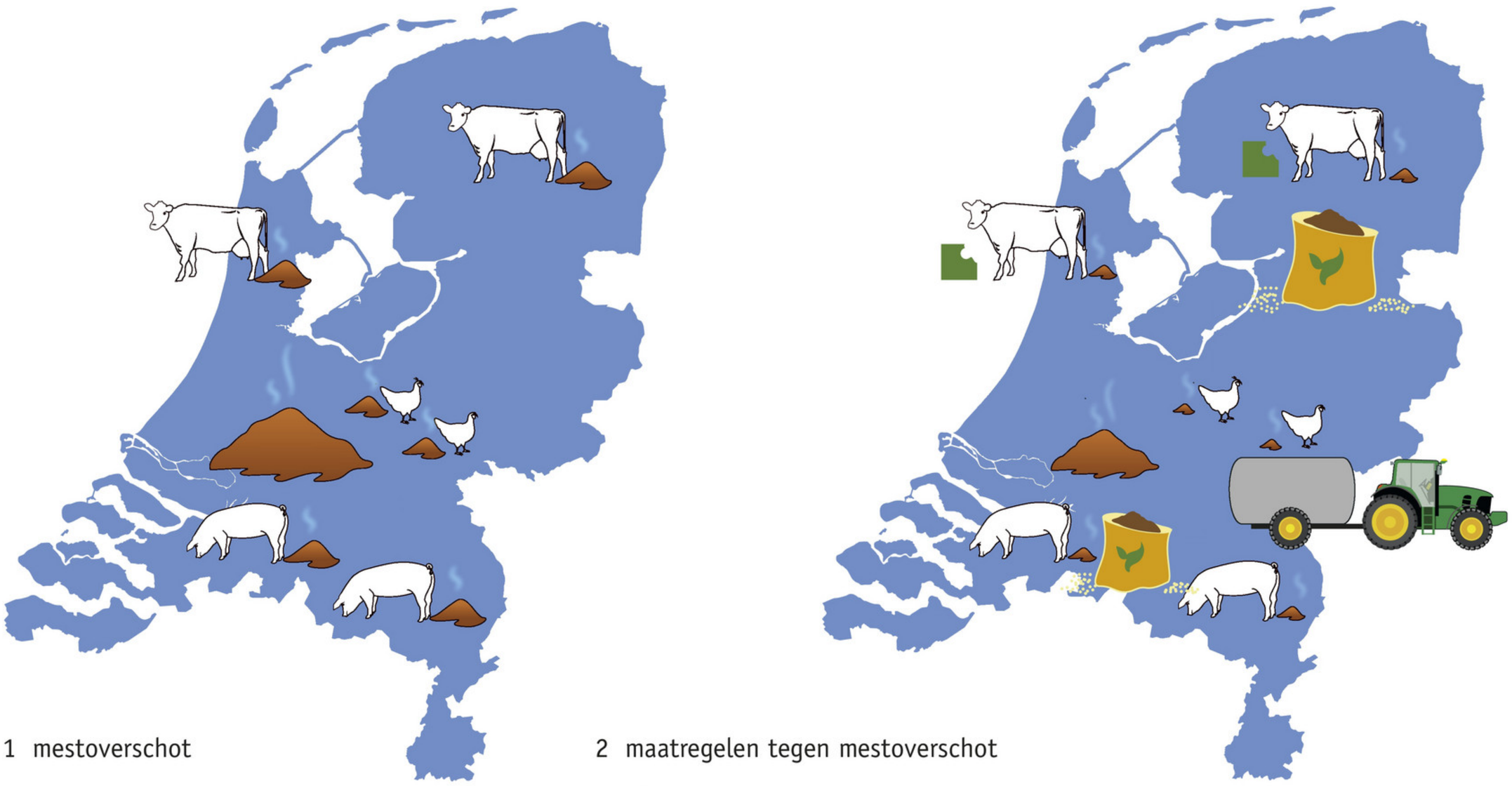
Bekijk en lees de tekst in afbeelding 7.

a Leg uit wat mestoverschot is.

b Leg uit hoe je het mestoverschot kunt beperken door aanpassingen aan het voer.

c Leg uit hoe je het mestoverschot kunt verminderen via mestverwerking. Geef ook een voorbeeld.

Afb. 7 Mestoverschot.



Ga naar de *Flitskaarten*.

Leren onderzoeken

1 BESCHRIJVEND ONDERZOEK

► Basisstof 1 | ► Leerdoel 6.0.17

In een beschrijvend onderzoek beschrijf je een situatie of verschijnsel. Een hypothese is meestal niet nodig. In afbeelding 1 zie je een voorbeeld van een beschrijvend onderzoek.

Afb. 1

De stappen van een beschrijvend onderzoek

1 Doel van het onderzoek: wat wil je met je onderzoek bereiken?
Ongeveer de helft van de bijensoorten in Nederland is bedreigd of zelfs al verdwenen. Je wilt helpen met het behoud van bijensoorten. Dit wil je doen door je tuin bijenvriendelijk te maken. Een bijenvriendelijke tuin heeft veel bloemen waar bijen nectar en stuifmeel uit kunnen halen. Je noteert: *Het doel van het onderzoek is om meer bijen in mijn tuin te krijgen.*

2 De onderzoeksvraag: wat wil ik onderzoeken?
Je wilt weten welke planten je nu in je tuin hebt, en vooral hoeveel planten bijenvriendelijk zijn. Je stelt de volgende vraag: *Hoeveel bijenvriendelijke en niet-bijenvriendelijke planten heb ik in mijn tuin?*

3 Het werkplan: wat ga ik doen?
Je kunt de plantensoorten in je tuin opzoeken in een plantenboek. Op internet kun je opzoeken welke plantensoorten bijenvriendelijk zijn. De plantensoorten in je tuin verdeel je in bijenvriendelijk en niet-bijenvriendelijk. Je kunt je werkplan als volgt opschrijven:
Benodigdheden:
☐ *een plantenboek*
☐ *een computer met internet*
Ik kijk naar elke plant in mijn tuin. Van elke plant zoek ik in het plantenboek op welke soort het is. Dit schrijf ik van elke plant op. Daarna zoek ik voor elke soort op of het een bijenvriendelijke plant is. Dit noteer ik voor elke plant. In een tabel noteer ik het aantal bijenvriendelijke en niet-bijenvriendelijke planten.

4 De uitvoering
Je verzamelt de benodigdheden en je voert je onderzoek uit volgens je werkplan.

5 De resultaten: wat neem ik waar?
Je bekijkt de resultaten die je tijdens de uitvoering hebt genoteerd. Je tabel kan er als volgt uitzien:

	Aantal planten
Bijenvriendelijk	5
Niet-bijenvriendelijk	11

6 De conclusie: wat is het antwoord op de onderzoeksvraag?
Aan de hand van je resultaten trek je de volgende conclusie: *Er zijn ruim twee keer zo veel niet-bijenvriendelijke planten als bijenvriendelijke planten in mijn tuin.*

7 De discussie: hoe betrouwbaar zijn mijn resultaten?

Het onderzoek is volgens werkplan verlopen, maar je kwam er tijdens je onderzoek achter dat je een plantenboek gebruikte dat erg oud is. Je weet niet zeker of het boek daardoor verouderde informatie bevat. Je schrijft de discussie als volgt:
Het onderzoek verliep volgens werkplan. Het werkplan was niet helemaal in orde. Ik heb namelijk een plantenboek gebruikt dat erg oud is. Ik had beter een plantenboek kunnen gebruiken dat recent geschreven is. Ik denk dat mijn resultaten wel betrouwbaar zijn, maar om het zeker te weten, kan ik dit onderzoek beter nog een keer doen met een ander plantenboek.

Net als de meeste andere onderzoeken voer je een beschrijvend onderzoek stap voor stap uit. Eerst bepaal je het doel van je onderzoek en formuleer je de onderzoeksvraag. Daarna maak je het werkplan.
Bij een beschrijvend onderzoek staan in elk geval in het werkplan:

- de benodigdheden voor het onderzoek
- het type gegevens dat je gaat verzamelen:
  - tekst (informatie in woorden)
  - cijfers (informatie in getallen in een tabel of diagram)
  - tekeningen
  - foto's
- hoe je de gegevens gaat verzamelen:
  - met eigen ogen observeren
  - metingen doen
  - een enquête houden

Nadat je een werkplan hebt gemaakt, voer je het onderzoek uit volgens het werkplan. De gegevens die je verzamelt, zijn je resultaten. Aan de hand van de resultaten kun je een conclusie trekken. Daarna schrijf je de discussie, waarin je beoordeelt hoe betrouwbaar je resultaten zijn. Dit doe je door te kijken of alles volgens het werkplan verliep en of het werkplan in orde was.

OPDRACHTEN

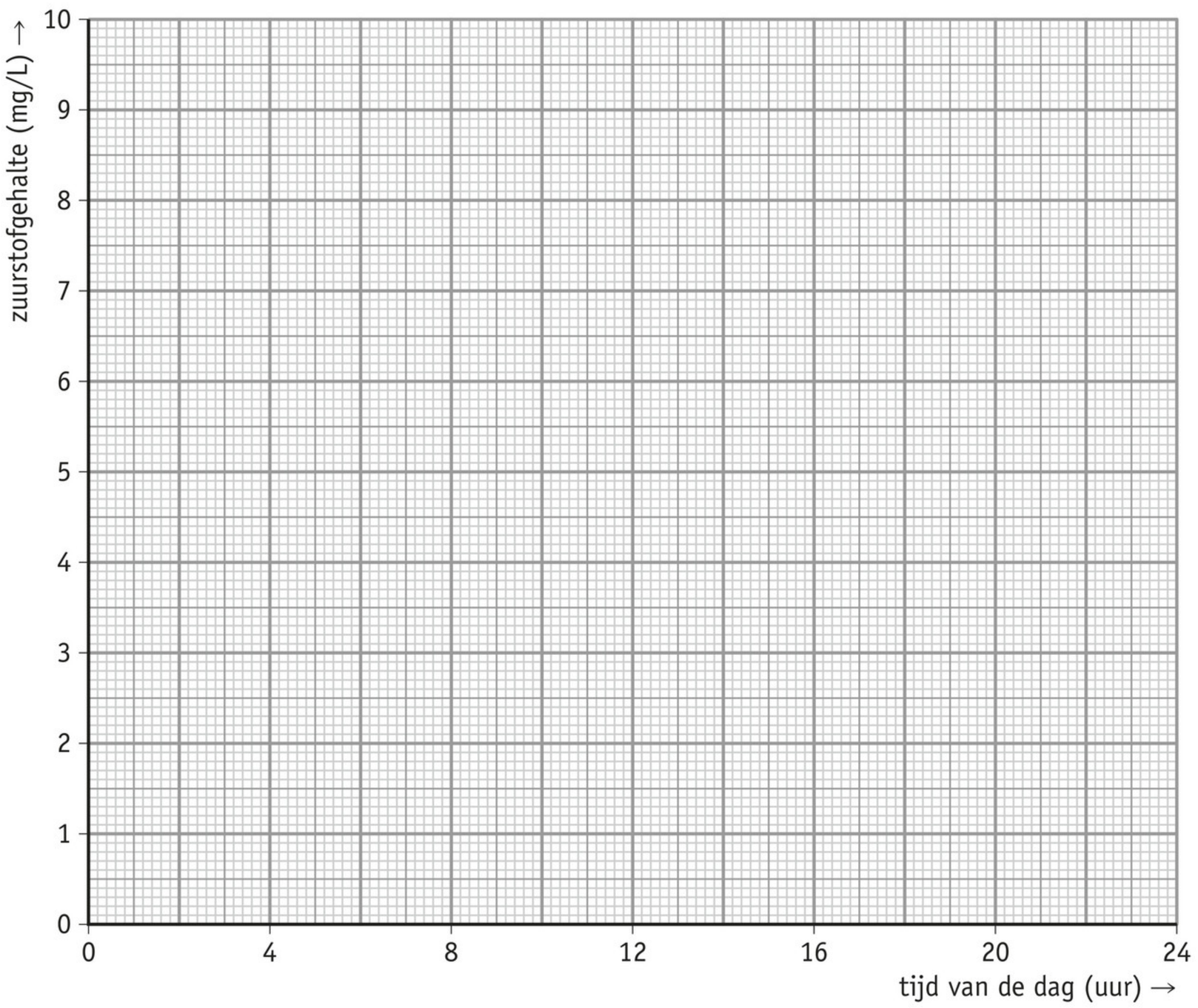
1 Afbeelding 2 is een onderzoekstabel van een wateronderzoek dat door een leerling is uitgevoerd.

a Waarom is dit een beschrijvend onderzoek?
b Welk type gegevens verzamelt de leerling? *cijfers* / *foto's* / *tekeningen* / *tekst*
c Hoe verzamelt ze deze gegevens?
d Geef op het ruitjespapier van afbeelding 3 het verband weer tussen het tijdstip van de dag en het zuurstofgehalte van het vijverwater.
e Welk zuurstofgehalte verwacht je bij water in het omgevallen potje? Lees het af uit het lijndiagram.

Afb. 2

ONDERZOEK	HET ZUURSTOFGEHALTE VAN WATER IN EEN VIJVER
Onderzoeksvraag	Hoe verandert het zuurstofgehalte van het water in een vijver gedurende één etmaal?
Benodigdheden	☐ zeven monsterpotjes ☐ zuurstofmeter ☐ etiketten
Werkplan	Op verschillende tijdstippen gedurende de dag neem ik een monster van het water in de vijver. Elke keer plak ik op het flesje met het monster een etiket met daarop het tijdstip waarop ik het monster heb genomen. Ik neem de potjes mee naar school en meet van elk potje met een zuurstofmeter het zuurstofgehalte.
Resultaten	**Tijd** / **Zuurstofgehalte (mg/L)** 3.30 uur – 3,6 7.15 uur – 4,3 10.40 uur – –* 13.30 uur – 8,2 17.00 uur – 9,2 20.20 uur – 7,5 23.20 uur – 5,3 * Kon ik niet meten, omdat het potje omgevallen was.

Afb. 3 Het zuurstofgehalte van water in een vijver.



2 Lees de tekst 'Lawaai verkeerswegen hindert broedvogels' in afbeelding 4.

a Vul de onderzoekstabel voor dit onderzoek in (zie afbeelding 5).

b Waarom is dit een beschrijvend onderzoek?

Afb. 4

Lawaai verkeerswegen hindert broedvogels

Onderzoekers van het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek hebben leefgebieden van vogels langs snelwegen vergeleken met plekken zonder verkeerslawaai. Vrijwel alle onderzochte vogelsoorten vertonen bij een verkeersintensiteit van tienduizend voertuigen per etmaal (een niet al te drukke snelweg) een afname in het broedsucces van 10%. Waardoor het verkeerslawaai het broedproces van vogels beïnvloedt, is niet zeker. Wellicht kunnen vogels de voor hen belangrijke signalen, zoals alarmroepen, zang voor territoriumafbakening en geluiden van prooidieren, minder goed horen.

Afb. 5

ONDERZOEK	BROEDVOGELS EN LAWAAI VERKEERSWEGEN
Onderzoeksvraag	
Werkplan	
Resultaten	
Conclusie	

3 Als gevolg van de opwarming van de aarde neemt onder andere het aantal teken in de natuur toe. Teken kunnen de Borrelia-bacterie bij zich dragen. Deze bacterie veroorzaakt de ziekte van Lyme. Afbeelding 6 is een onderzoekstabel van een beschrijvend onderzoek dat is uitgevoerd door tekenradar.nl.

a Bij een beschrijvend onderzoek is een hypothese niet verplicht.
Waarom is het bij dit onderzoek toch handig om een hypothese te hebben?

b Noteer de conclusie van het onderzoek in de onderzoekstabel.

c Kun je zeggen dat de hypothese is bevestigd? Leg je antwoord uit.

d Een rode ring op de huid na een tekenbeet is een bewijs van de ziekte van Lyme. In tabel 1 is vanaf 1994 aangegeven hoeveel mensen met een rode ring of vlek op de huid door de huisarts zijn gezien, gemiddeld over heel Nederland.
Wordt door deze gegevens de hypothese van het onderzoek bevestigd? Leg je antwoord uit.

Afb. 6

ONDERZOEK	ZIEKTE VAN LYME
Onderzoeksvraag	Waardoor krijgen elk jaar meer mensen de ziekte van Lyme?
Hypothese	Door de jaren heen is het percentage besmette teken in Nederland toegenomen.
Werkplan	In 2012 startte tekenradar.nl. Op tekenradar.nl melden vrijwilligers tekenbeten en sturen de teken eventueel op. De teken worden getest op de aanwezigheid van de Borrelia-bacterie. Daarnaast melden de vrijwilligers of ze wel of geen Lyme hebben gekregen.
Resultaten	2012: 7000 beten 3500 teken opgestuurd; daarvan was 18% besmet met de Borrelia-bacterie. 1,8% van de tekenbeten leidde tot Lyme. 2013: 9000 beten 1500 teken opgestuurd; daarvan was 20% besmet met de Borrelia-bacterie. 2% van de 9000 tekenbeten leidde tot Lyme.
Conclusie	

Tabel 1 Mensen met een rode ring op de huid die zijn gezien door de huisarts.

Jaar	Aantal per 100 000 inwoners
1994	39
2001	74
2005	104
2009	134
2014	139
2017	148

4 Je gaat zelf een beschrijvend onderzoek bedenken, uitvoeren en schriftelijk presenteren. Het onderwerp van je onderzoek kan passen bij het thema Ecologie en duurzaamheid, maar het mag misschien ook over iets anders gaan. Dit hoor je van je docent.

- Bedenk wat je zou willen onderzoeken. Overleg met je docent of jouw idee haalbaar is.
- Formuleer de onderzoeksvraag.
- Maak een werkplan. In het werkplan staan:
  - de benodigdheden voor je onderzoek
  - hoe je het onderzoek gaat uitvoeren
  - welk type gegevens je gaat verzamelen
  - hoe je de gegevens gaat verzamelen
- Laat je docent de onderzoeksvraag en het werkplan controleren.
- Voer het onderzoek uit volgens het werkplan.
- Noteer je resultaten.
- Verwerk je resultaten volgens het werkplan.
- Formuleer een conclusie die antwoord geeft op de onderzoeksvraag.
- Maak een verslag van je onderzoek.

2 EEN BODEMPROFIEL MAKEN

► Basisstof 4 | ► Leerdoel 6.0.18

De grond waar je op staat, bestaat uit heel veel verschillende lagen. Elke laag heeft zijn eigen kenmerken, die belangrijk en bepalend zijn voor de plantengroei in dat gebied. Zo zijn de hoeveelheid voedingsstoffen, water en zuurstof belangrijke eigenschappen die van invloed zijn op de groei van planten. De bodem bepaalt dus voor een deel de vegetatie van een bepaald gebied.

Met behulp van een grondboor kun je een **bodemprofiel** maken (zie afbeelding 7). Dat doe je als volgt:

- Haal eventuele begroeiing weg op de plek waar je wilt boren.
- Boor met de grondboor drie halve slagen in de bodem.
- Haal de grondboor uit de bodem, haal de grond eruit en leg deze plat naast het boorgat.
- Breng de grondboor opnieuw in het gat en boor opnieuw drie halve slagen.
- Leg de inhoud van de boor als een slurf achter het eerste grondprofiel. Let er hierbij op dat je de goede kanten van de grondprofielen achter elkaar legt, zodat je aan het eind van de boring een volledig profiel van de grond hebt liggen.
- Boor net zolang tot het boorgat één meter diep is. Dat is de diepte tot waar de plantenwortels ongeveer groeien.

Afb. 7 Een bodemprofiel.

Practica

1 BODEMDIERTJES VERZAMELEN EN DETERMINEREN

► Basisstof 1 | ► Leerdoel 6.1.3

40-50 minuten

In veel ecosystemen is de bodem bedekt met een laag afgevallen takjes en bladeren. Je noemt dat **strooisel**. In de laag strooisel en in de bovenste laag van de bodem leven veel kleine dieren. Vooral op een warme middag kun je hierin veel diertjes aantreffen.

WAT GA JE DOEN?

In dit practicum determineer je dieren die in het strooisel en in de bodem leven. Je verzamelt de dieren op de dag dat je dit practicum doet, voordat de les begint. Probeer dit practicum te doen op een warme middag. Je treft dan meer diertjes aan dan op een koude dag.

BENODIGDHEDEN

- ☐ 2 glazen potten
- ☐ een schop
- ☐ een groot vel papier
- ☐ een kwastje
- ☐ een zoekkaart, naslagwerk, internet of een app om de naam van bodemdieren op te zoeken

WERKWIJZE

- Voordat de les begint, zoek je een plek in de omgeving van de school waar je de strooisellaag gaat onderzoeken.
- Verzamel in de ene glazen pot wat strooisel.
- Graaf een klein stukje bodem op tot ongeveer 10 cm diepte en doe dit in de andere glazen pot (zie afbeelding 1).
- Neem de potten mee naar de les.
- Leeg de pot met het strooisel op het vel papier. Maak de pot schoon.
- Zoek diertjes door het strooisel voorzichtig met het kwastje van de ene kant naar de andere kant van het papier te schuiven (zie afbeelding 2).
- Probeer van elk diertje de naam op te zoeken. Noteer in de tabel welke diersoorten je hebt gevonden. Noteer ook voor elke soort het aantal individuen.
- Stop de gevonden diertjes terug in de glazen pot. Ruim het strooisel op.
- Leeg de pot met het bodemmateriaal op het vel papier en maak de pot schoon.
- Als het bodemmateriaal uit één geheel bestaat, moet je het voorzichtig verdelen in heel kleine brokjes.
- Zoek diertjes door het bodemmateriaal voorzichtig met het kwastje van de ene kant naar de andere kant van het papier te schuiven. Probeer ook van deze diertjes de naam op te zoeken. Noteer in de tabel welke diersoorten je hebt gevonden en hoeveel individuen per soort je hebt gevonden.
- Stop de gevonden diertjes terug in de glazen pot en ruim het bodemmateriaal op.

Ecosysteem:			
In het strooisel		In de bovenste bodemlaag	
Diersoort	Aantal	Diersoort	Aantal

Afb. 1 Een monster nemen.

Afb. 2 Bodemdiertjes verzamelen.

2 KORSTMOSSEN

► Basisstof 3 | ► Leerdoel 6.3.7

20-30 minuten

WAT GA JE DOEN?

In dit practicum bekijk je met een microscoop een preparaat van korstmos. Je maakt een tekening van de bouw van een korstmos.

BENODIGDHEDEN

- ☐ een stukje korstmos
- ☐ een microscoop
- ☐ prepareermateriaal
- ☐ tekenmateriaal

WERKWIJZE

- Snijd van het korstmos enkele schilfertjes af en maak hiervan een preparaat. Bij sommige korstmossen is het niet goed mogelijk schilfertjes af te snijden. In dat geval rafel je met twee prepareernaalden een klein stukje korstmos voorzichtig uiteen en maak je daar een preparaat van.
- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100×.
- Zoek een stukje op waar je algen en schimmeldraden ziet. Bekijk dit bij een vergroting van 400×.
- Maak hiervan een tekening. Geef in je tekening de cellen van de algen en de schimmel aan.

3 EEN BODEMPROFIEL MAKEN

► Basisstof 4 | ► Leerdoel 6.0.18 | ► Leren onderzoeken 2

60-70 minuten

WAT GA JE DOEN?

In dit practicum maak je met behulp van een grondboor een bodemprofiel van bosgrond, weiland, berm of een ander stukje bodem.

BENODIGDHEDEN

- ☐ een grondboor
- ☐ een potlood
- ☐ een vel papier

WERKWIJZE

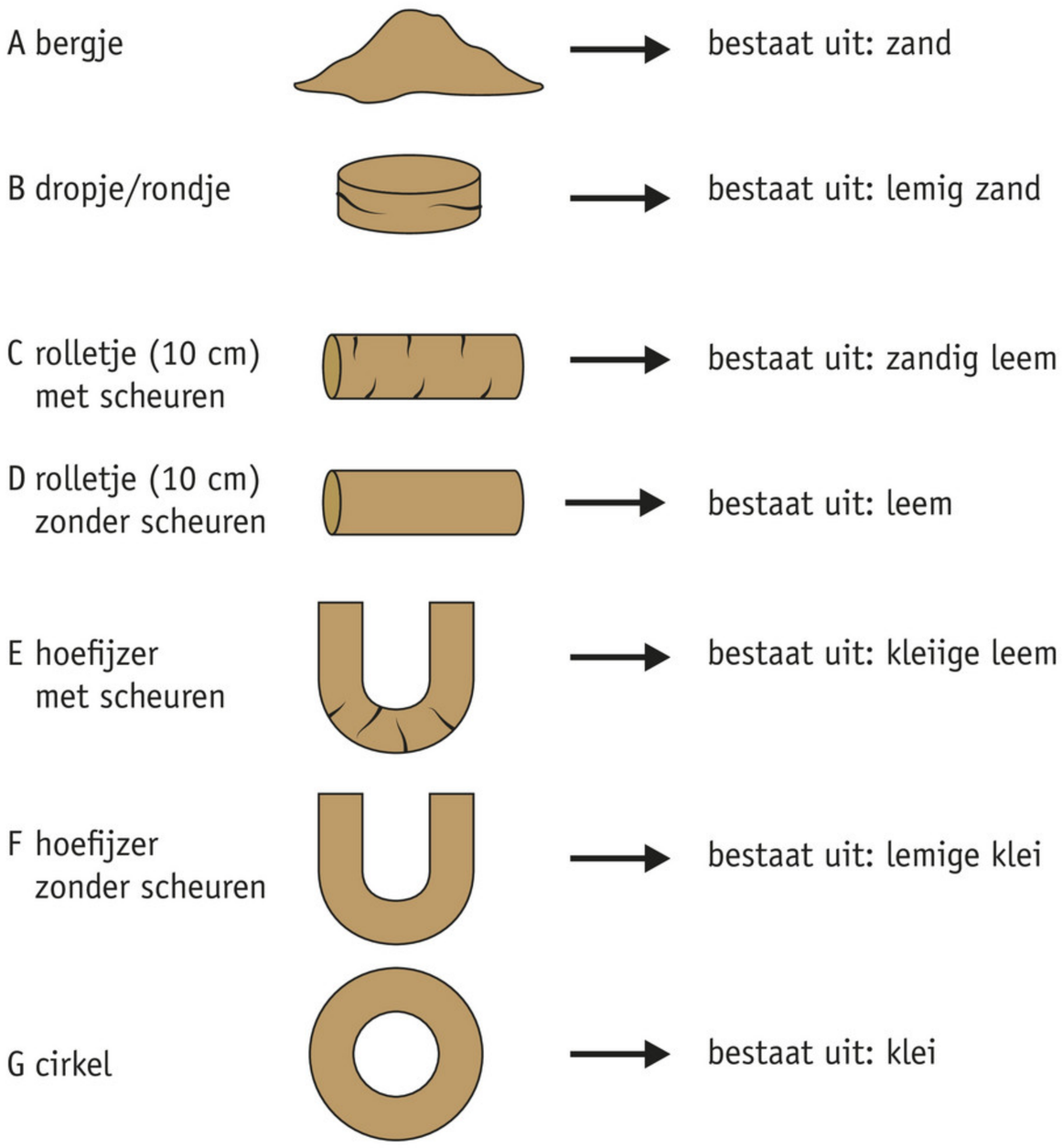
- Maak een bodemprofiel. Gebruik hierbij de beschrijving in Leren onderzoeken 2.
- Boor totdat het boorgat één meter diep is.
- Teken het profiel op papier en geef de kleuren aan.
- Noteer in de juiste kolom van de tabel voor grondboring:
  - de kleur (gebruik de grond als vingerverf en wrijf de kleur in het juiste vakje)
  - wat je ziet (korrels, steentjes, wortels, takjes, half verrotte plantenresten, roestplekken)
  - hoe het voelt (hard, zacht, korrelig, droog, vochtig, nat, plakkerig)

- Probeer met de grond een bergje, dropje, rolletje, hoefijzer en cirkel te maken (zie afbeelding 3).
- Noteer in de laatste kolom de grondsoort.

Grondboring	Kleur	Wat zie je?	Hoe voelt het?	Grondsoort
Diepte				
tot cm				
tot cm				
tot cm				
tot cm				
tot cm				

Afb. 3 Grondsoorten.
Probeer met de grondsoort een bergje, dropje, rolletje, hoefijzer en cirkel te maken. Je kunt dan hieronder aflezen om welke grondsoort het gaat.

Schema voor grondsoort:



4 FIJNSTOF IN JOUW REGIO

► Basisstof 5 | ► Leerdoel 6.5.10

15-25 minuten

WAT GA JE DOEN?

In dit practicum houd je twee weken lang de hoeveelheid fijnstof in jouw regio bij. Deze gegevens zijn te vinden op teletekst, pagina 711. De gegevens per regio zijn te vinden op een van de subpagina's. Teletekst kun je bekijken op tv, op internet of via de teletekst-app. Je kunt dit practicum dus zowel op school als thuis doen.

BENODIGDHEDEN

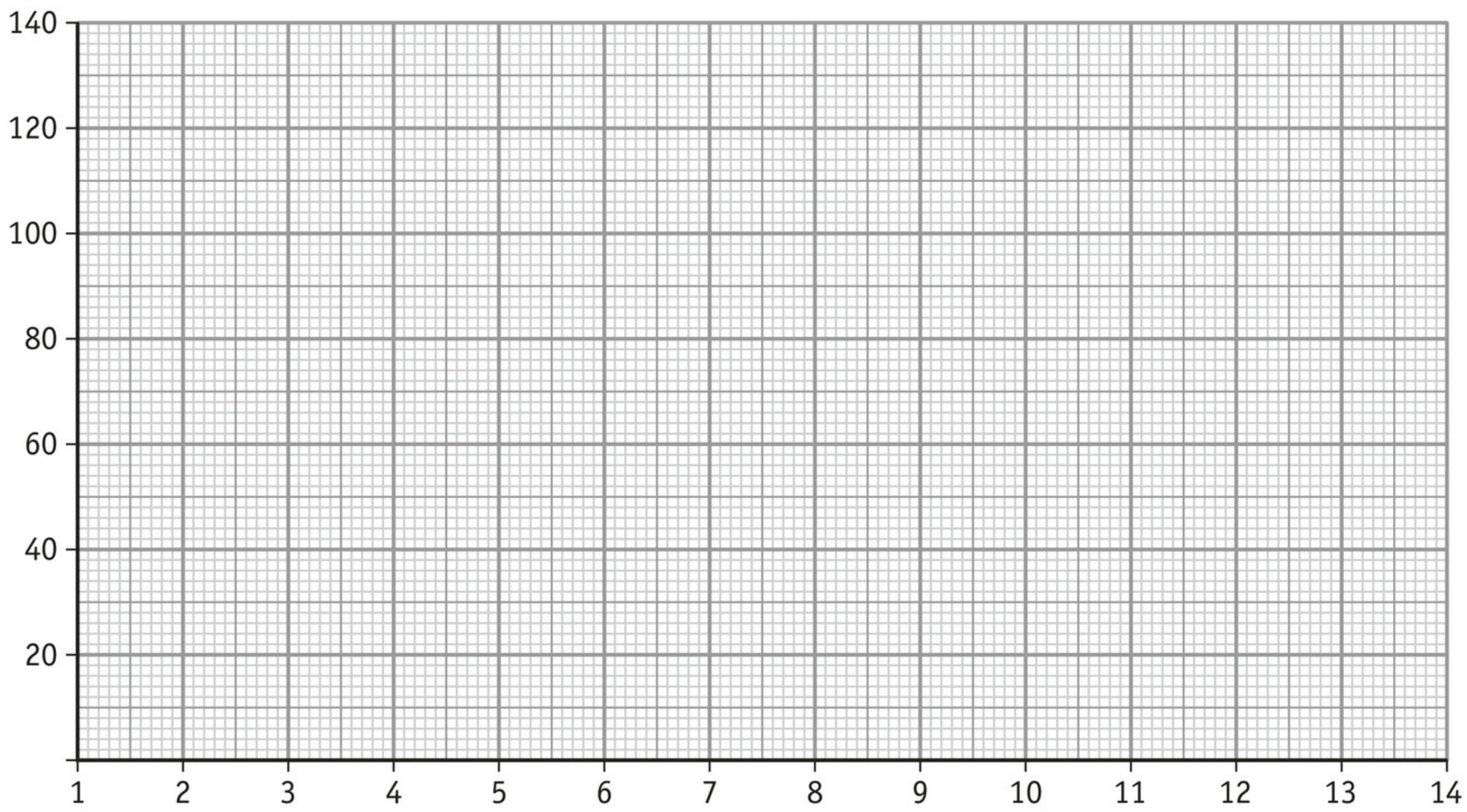
☐ een tv, een computer met internet of een mobiel met de teletekst-app

WERKWIJZE

- Zoek elke dag op teletekst:
  - de verwachte ontwikkeling van fijnstof in jouw regio
  - de temperatuur (zie teletekstpagina 705)
  - de windkracht (zie teletekstpagina 705)
- Noteer elke dag de datum en de gegevens van teletekst in de tabel.
- Maak van de gegevens een lijndiagram waarbij je de hoeveelheid fijnstof uitzet tegen de tijd.

Datum													
Fijnstof ($\mu g/m^3$)													
Temperatuur (°C)													
Windkracht (m/s)													

Afb. 4 Lijndiagram fijnstof.



OPDRACHT

1 Temperatuur en wind hebben invloed op de hoeveelheid fijnstof in de lucht. Bij hoge temperaturen en weinig wind neemt de concentratie fijnstof in de lucht toe.

a Kun je deze conclusie ook trekken uit jouw resultaten? Leg je antwoord uit.

b Kijk naar de hoeveelheid fijnstof en ozon in de afgelopen veertien dagen. Wat kun je zeggen over de smogklasse in jouw zone in deze periode?

c Welke gevolgen heeft de smogklasse op dag 14 van je meting voor mensen met een longaandoening?

5 BIOLOGISCH AFBREEKBAAR AFVAL

► Basisstof 5 | ► Leerdoel 6.5.10

Les 1: 15-20 minuten, les 2 t/m 6: 5 minuten, les 7: 5-10 minuten

WAT GA JE DOEN?

In dit practicum onderzoek je of aluminiumfolie, een appelschil, een plastic boterhamzakje en toiletpapier biologisch afbreekbaar zijn. Je onderzoekt ook een zelfgekozen product.

BENODIGDHEDEN

De benodigdheden staan in de tabel.

WERKWIJZE

Voer het onderzoek uit en vul de tabel verder in.

ONDERZOEK	BIOLOGISCH AFBREEKBAAR AFVAL
Doel onderzoek	
Onderzoeksvraag	Zijn aluminiumfolie, een appelschil, een plastic boterhamzakje, toiletpapier en biologisch afbreekbaar?
Hypothese	
Benodigdheden	☐ 5 (jam)potjes ☐ 5 etiketten ☐ (tuin)aarde ☐ water ☐ een mes ☐ aluminiumfolie ☐ appelschil ☐ een plastic boterhamzakje ☐ toiletpapier ☐

Werkwijze

- Neem vijf (jam)potjes en plak op elk potje een etiket.
- Doe in elk potje een flinke laag aarde (zie afbeelding 5). Maak de laag aarde een beetje vochtig.
- Snijd of scheur het afval in stukken. Doe in elk potje een klein beetje van één soort afval. Meng het afval met de aarde. Gebruik daarbij het mes. Noteer op het etiket welk afval je in het potje hebt gedaan.
- Zet de potjes weg.
- Bekijk zes weken lang elke week wat er met het afval is gebeurd. Doe dat steeds op dezelfde dag van de week.
- Noteer in het schema wat er met het afval is gebeurd. Gebruik hierbij: *afgebroken (+) – een beetje afgebroken (±) – nog niet veranderd (–)*.
- Zorg ervoor dat de aarde tijdens het onderzoek een beetje vochtig blijft.

Afb. 5

Resultaat

Tijd	Soort afval				
	Aluminium-folie	Appelschil	Plastic boterham-zakje	Toilet-papier	eigen product
Na 1 week					
Na 2 weken					
Na 3 weken					
Na 4 weken					
Na 5 weken					
Na 6 weken					

Conclusie

De volgende soorten afval zijn biologisch afbreekbaar:

De volgende soorten afval zijn niet biologisch afbreekbaar:

Discussie

Komt je conclusie overeen met je hypothese? *ja* / *nee*
De hypothese is *bevestigd* / *verworpen*.

Verliep alles volgens het werkplan? Zo nee, wat ging er anders?

Was het werkplan in orde? Zo nee, wat had beter gekund?

Hoe betrouwbaar zijn je resultaten?

6 VERVUILING IN EN RONDOM JE SCHOOL

► Basisstof 5 | ► Leerdoel 6.5.10

Les 1: 10-15 minuten, les 2: 10-15 minuten

WAT GA JE DOEN?

Stichting Nederland Schoon heeft foto's gemaakt van een aantal plekken in en rondom scholen en aan mensen gevraagd een cijfer van 1 tot en met 5 te geven voor de mate van vervuiling met zwerfafval (zie tabel 1).
In afbeelding 6 zie je tien voorbeelden binnen en buiten een school met de gemiddelde scores die mensen hiervoor hebben gegeven.
In dit practicum bekijk je de mate van vervuiling in en rondom jullie school en geef je daarvoor een cijfer.
Je doet dit practicum samen met een klasgenoot.

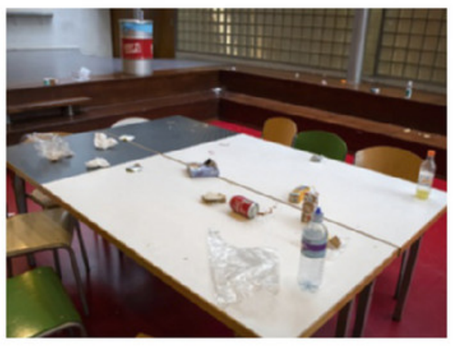
Tabel 1

Zeer vuil	score 1
Vuil	score 2
Matig schoon	score 3
Schoon	score 4
Zeer schoon	score 5

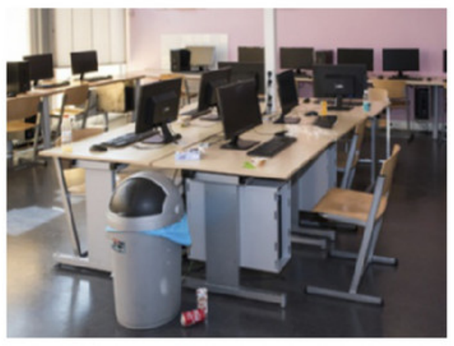
Afb. 6

Binnen school

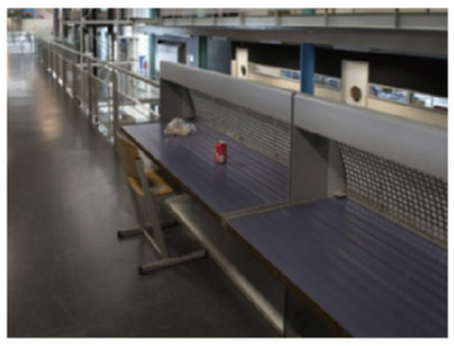
score 1 zeer vuil



score 2 vuil



score 3 matig schoon



score 4 schoon

score 5 zeer schoon

Buiten school

score 1 zeer vuil

score 2 vuil

score 3 matig schoon

score 4 schoon

score 5 zeer schoon

WERKWIJZE

- Kies in overleg met je docent vier plekken binnen school en twee plekken buiten school. Kies ook de momenten waarop je de plekken een cijfer gaat geven. Bijvoorbeeld: de pauzeruimte voor en na de middagpauze.
- Vul in de tabel de plekken en het tijdstip in.
- Geef samen een cijfer voor de mate van vervuiling (1 tot en met 5). Bekijk hierbij de foto's van afbeelding 6. Als je een cijfer geeft, moet je alleen kijken naar het zwerfafval. Het gaat dus niet om andere factoren, zoals een vieze muur of ander vuil zoals hondenpoep.
- Vergelijk je scores met klasgenoten. Bespreek samen jullie scores.

Plek	Tijdstip	Score
1		
2		
3		
4		
5		
6		

7 VOEDSELAFDRUK

► Basisstof 6 | ► Leerdoelen 6.6.13 en 6.6.14

30-40 minuten

WAT GA JE DOEN?

In dit practicum onderzoek je wat de voedselafdruk van je klas is. Je voedselafdruk is onderdeel van je ecologische voetafdruk. Je bekijkt in dit practicum ook wat je kunt doen om de voedselafdruk van je klas te verlagen. Je hoeft geen hypothese te bedenken.

BENODIGDHEDEN

De benodigdheden staan in de tabel.

WERKWIJZE

Voer het onderzoek uit en vul de tabel verder in.

<table>
<tr><th>ONDERZOEK</th><th>VOEDSELAFDRUK</th></tr>
<tr><td>Doel onderzoek</td><td>De voedselafdruk van de klas verlagen.</td></tr>
<tr><td>Onderzoeksvraag</td><td>Wat is de voedselafdruk van de klas en hoe kan deze worden verlaagd?</td></tr>
<tr><td>Benodigdheden</td><td>☐ een computer, mobiel of tablet met internet</td></tr>
<tr><td>Werkwijze</td><td>• Ga naar de website van het Voedingscentrum en typ als trefwoord ‘voedselafdruk’ in. Je vindt dan een test met vijftien vragen om je voedselafdruk te bepalen.
• Maak de test. Als een vraag voor jou niet geldt, probeer hem dan te beantwoorden voor je ouders, verzorgers of huisgenoten.
• Noteer in de eerste tabel hoeveel hectare landbouwgrond en hoeveel liter water per dag jouw voedselafdruk is. Noteer ook welke uitdaging(en) het Voedingscentrum jou aanbiedt om je voedselafdruk te verlagen.
• Verzamel de gegevens van al je klasgenoten.
• Bereken de totale voedselafdruk van de klas. Bereken ook de gemiddelde voedselafdruk per leerling. Zet deze gegevens in de tweede tabel.
• Noteer in de derde tabel alle uitdagingen die de klas heeft gekregen en hoe vaak elke uitdaging is voorgekomen.</td></tr>
<tr><td>Resultaat</td><td>
<table>
<tr><th></th><th>Mijn voedselafdruk</th></tr>
<tr><td>Landbouwgrond (ha)</td><td></td></tr>
<tr><td>Water (L per dag)</td><td></td></tr>
</table>
Uitdagingen:
•
•
•
<table>
<tr><th></th><th>Landbouwgrond (ha)</th><th>Water (L per dag)</th></tr>
<tr><td>Totaal</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Gemiddeld per leerling</td><td></td><td></td></tr>
</table>
<table>
<tr><th>Uitdaging</th><th>Aantal</th></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>Conclusie</td><td></td></tr>
<tr><td>Discussie</td><td>Verliep alles volgens het werkplan? Bijvoorbeeld: hebben alle leerlingen van de klas de test gedaan? Heb je alle vragen kunnen beantwoorden?

Was het werkplan in orde? Zo nee, wat had beter gekund?

Hoe betrouwbaar zijn je resultaten?</td></tr>
</table>

Samenvatting

BASIS 1

ORGANISMEN EN HUN OMGEVING

1 Je kunt de invloeden op organismen indelen in biotische en abiotische factoren.

- Biotische factoren: invloeden afkomstig van de levende natuur, bijv. soortgenoten, roofdieren, ziekteverwekkers.
- Abiotische factoren: invloeden afkomstig van de levenloze natuur, bijv. bodemgesteldheid, licht, regenval, temperatuur, wind, zuurstofgehalte van de lucht.

2 Je kunt de niveaus van de ecologie beschrijven.

- Organisme (individu): een levend wezen.
- Populatie: een groep organismen van dezelfde soort die in een gebied met elkaar samenleven.
- Ecosysteem: een bepaald gebied met alle erin levende organismen, waarbinnen de biotische en de abiotische factoren een eenheid vormen.
  - levensgemeenschap: alle populaties in het ecosysteem
  - biotoop: het geheel van abiotische factoren in het ecosysteem
- Bioom: grote gebieden met een kenmerkend klimaat.
- Biosfeer: het deel van de aarde (en de lucht eromheen) waar leven mogelijk is.

3 Je kunt in een ecosysteem de voedselrelaties aangeven.

- Biomassa: de totale hoeveelheid energierijke stoffen in een organisme.
- Voedselketen: een reeks soorten, waarbij elke soort een voedselbron is voor de volgende soort.
  - Elke voedselketen heeft een plantensoort als eerste schakel.
- Voedselweb (voedselnet): het geheel van voedselrelaties in een ecosysteem.
  - In een voedselweb lopen allerlei voedselketens door elkaar.
- Piramide van biomassa: geeft van elke schakel van een voedselketen de biomassa weer.
  - In een voedselketen wordt de biomassa in elke volgende schakel kleiner.
- Piramide van aantallen: geeft van elke schakel van een voedselketen het aantal individuen weer.
- Accumulatie: ophoping van stoffen in elke volgende schakel van een voedselketen.

BASIS 2

VOEDSELRELATIES EN KRINGLOPEN

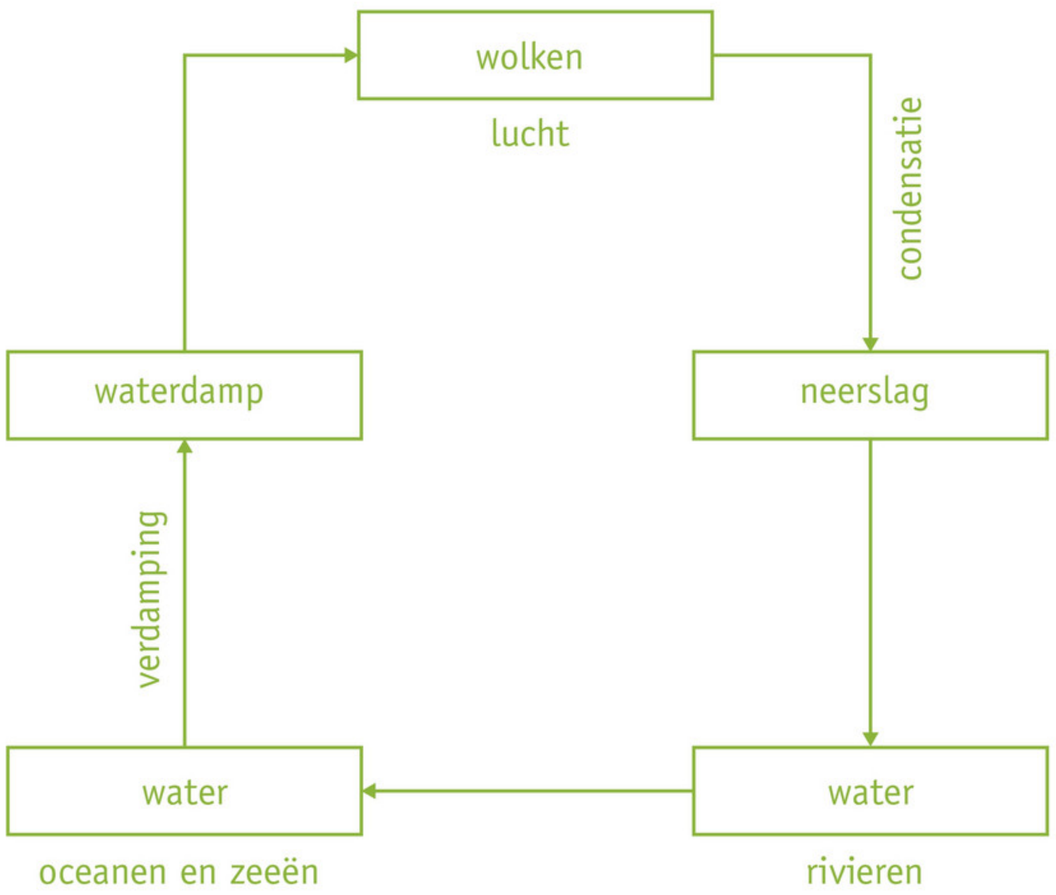
4 Je kunt de groepen organismen in de kringloop van stoffen beschrijven.

- Producenten: leveren het voedsel voor alle andere organismen.
  - Planten zijn producenten. In de groene delen van planten vindt fotosynthese plaats.
- Consumenten: eten de stoffen die door planten zijn gemaakt.
  - Consumenten van de eerste orde worden gegeten door consumenten van de tweede orde, en die weer door consumenten van de derde orde, enz.
  - Tot de consumenten behoren planteneters, vleeseters, alleseters en afvaleters.
  - Dieren zijn consumenten.
- Reducenten: ruimen de dode resten van organismen op.
  - Hierdoor komen er weer mineralen vrij voor de producenten.
  - Bacteriën en schimmels zijn reducenten.
- Autotrofe organismen zijn in staat tot fotosynthese.
  - Zij kunnen energierijke stoffen maken uit energiearme stoffen.
  - Zij nemen alleen energiearme stoffen op uit hun milieu.

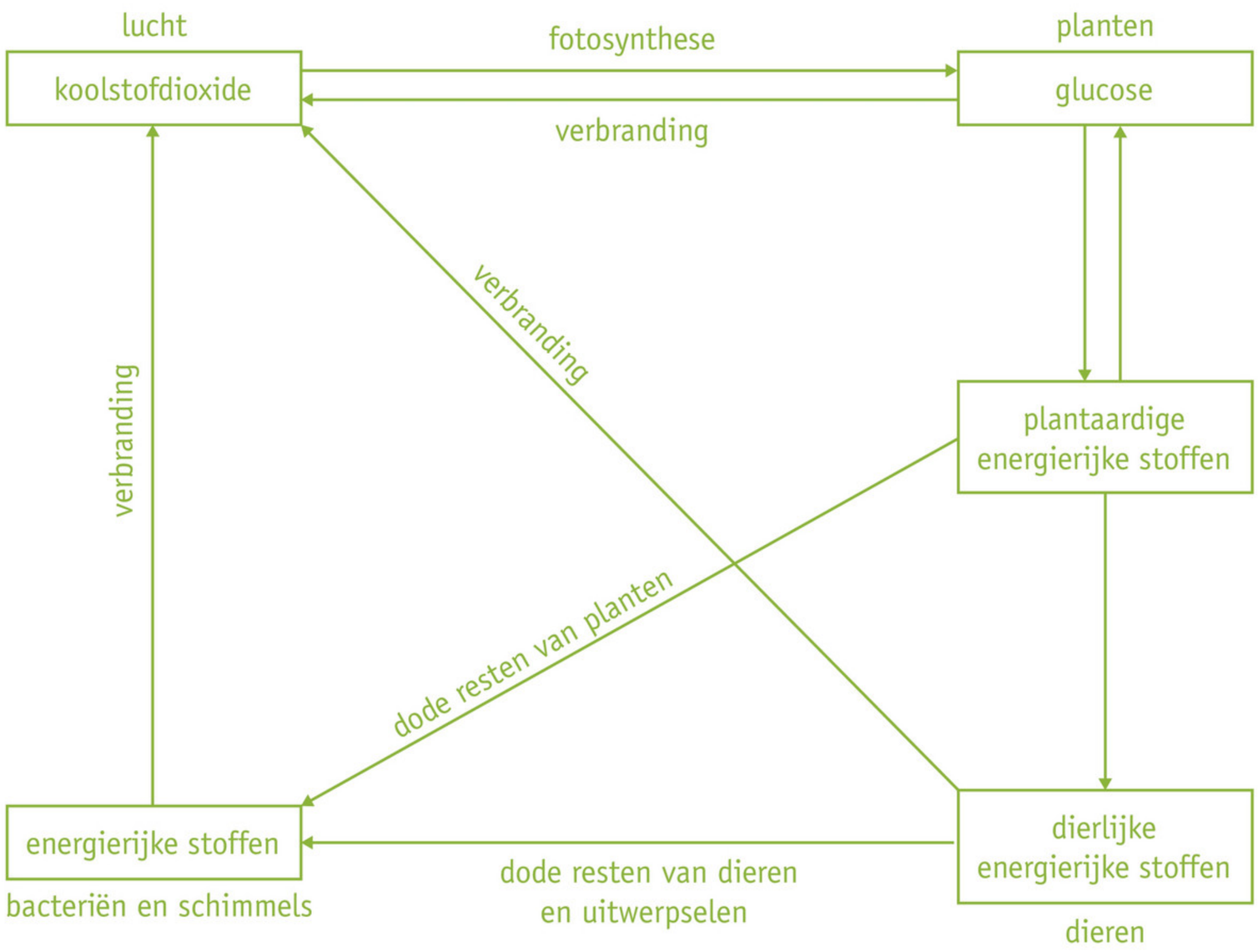
- Heterotrofe organismen hebben andere organismen nodig voor hun voedsel.
  - Zij nemen energierijke en energiearme stoffen op uit hun milieu.
- Biologisch afbreekbaar afval: afval dat door reducenten (bacteriën en schimmels) kan worden afgebroken.
  - afvalresten van planten, dieren of mensen, bijv. bladeren, broodkorsten, fruitschillen, papier, uitwerpselen
- Niet-biologisch afbreekbaar afval: afval dat niet door reducenten kan worden afgebroken.
  - Alleen de mens zorgt voor niet-biologisch afbreekbaar afval, bijv. batterijen, glas, metaal, verpakkingen van plastic.

5 Je kunt de kringlopen van water, koolstof en stikstof beschrijven.

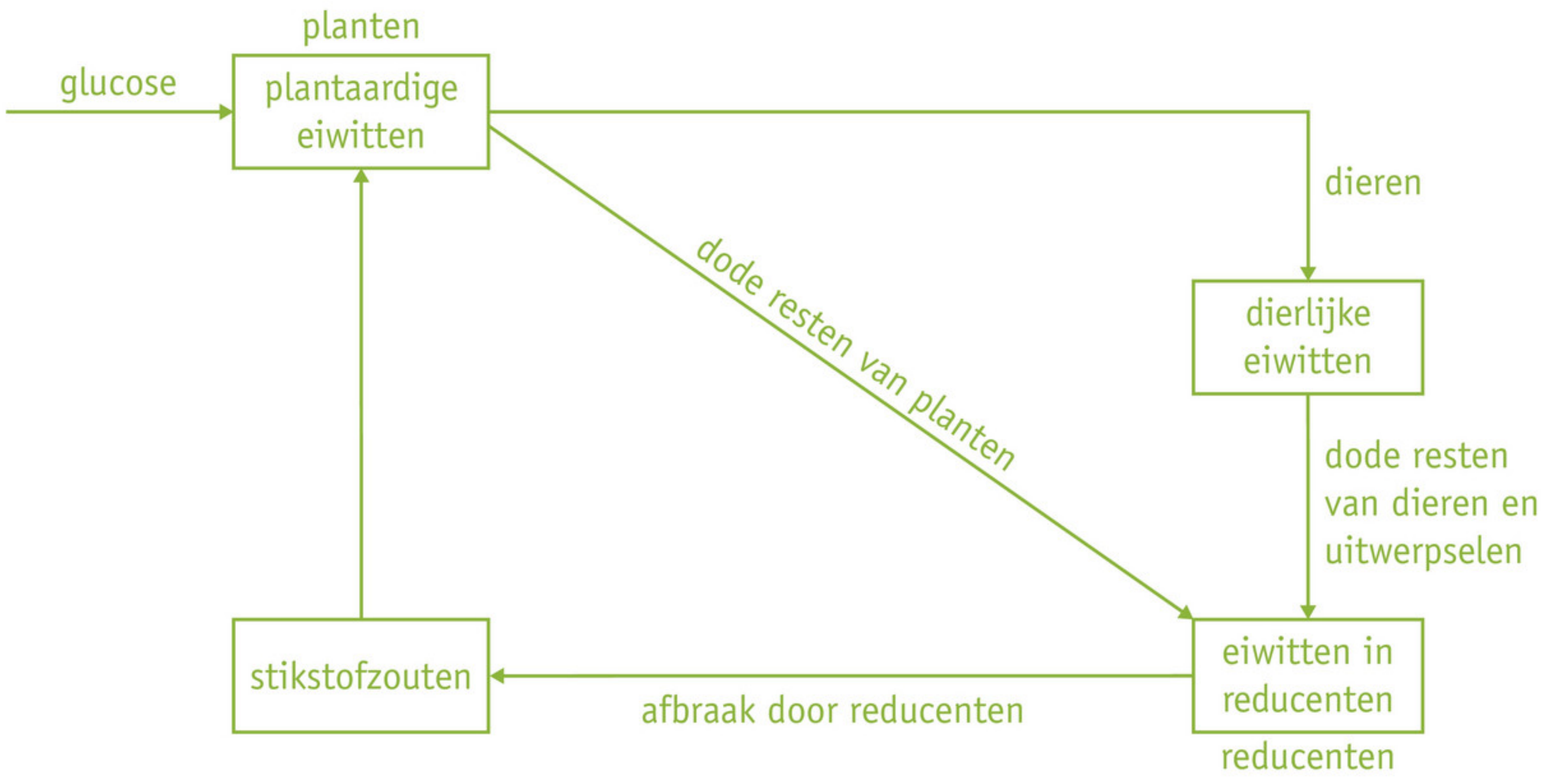
- De kringloop van water.



- De kringloop van koolstof.



- De kringloop van stikstof.



BASIS 3

SAMENLEVEN

6 Je kunt uitleggen wat een biologisch evenwicht is.

- Biologisch evenwicht: een toestand waarin de grootte van elke populatie in een ecosysteem schommelt om een bepaalde waarde.
  - De populatiegrootte is afhankelijk van biotische en abiotische factoren.
- Bij optimale omstandigheden zijn de groei- en voortplantingskansen van een populatie het grootst.
  - Voor elke abiotische factor kunnen de groei- en voortplantingskansen van de populatie in een optimumkromme worden weergegeven.

7 Je kunt uitleggen hoe soorten afhankelijk zijn van elkaar voor voedsel, een schuilplaats en voortplanting.

- Elk individu heeft relaties met andere individuen.
  - concurrentie (competitie), bijv. om voedsel, een partner of een veilige plek
  - samenwerking, bijv. bij de jacht of bij paarvorming
- Tussen populaties van verschillende soorten vindt vaak weinig concurrentie plaats, doordat soorten zich specialiseren.
  - niche: de rol van een soort in een ecosysteem
- Symbiose: langdurige relatie tussen individuen van verschillende soorten.
  - mutualisme: beide individuen hebben voordeel van de relatie, bijv. korstmos
  - commensalisme: een individu heeft voordeel en de ander heeft geen nadeel, bijv. boomalg
  - parasitisme: een individu heeft voordeel en de ander heeft nadeel, bijv. teek

BASIS 4

NATUURBEHEER

8 Je kunt verklaren dat veel natuur in Nederland is ontstaan door ingrijpen van de mens.

- Mensen zijn afhankelijk van hun leefomgeving (milieu) voor voedsel, water, zuurstof, energie, grondstoffen en recreatie.
- Het Nederlandse landschap is een cultuurlandschap:
  - Het is gevormd door activiteiten van mensen in het verleden, bijv. landbouw (weilanden), energiewinning (hout), waterbeheer (dijken, sloten).

9 Je kunt manieren noemen waarop mensen in Nederland de natuur behouden, beschermen en herstellen.

- Biodiversiteit is de variatie aan soorten in de natuur.
- Natuurbeheer: behouden, beschermen en herstellen van gebieden die niet in gebruik zijn voor wonen, werken, landbouw of verkeer.
- Herintroductie: het terugbrengen van een dier- of plantensoort in een land.
- Maatregelen bij natuurbeheer:
  - herintroductie, bijv. ooievaar, bever
  - bescherming door later maaien, bijv. weidevogels
  - kappen van bomen, bijv. om heide open te houden
  - afschot (jacht), bijv. ganzen bij Schiphol
  - waterbeheer, bijv. rivieren verbreden

BASIS 5

MENS EN MILIEU

10 Je kunt enkele oorzaken en gevolgen van uitputting en vervuiling beschrijven.

- Oorzaken van de milieuproblemen.
  - bevolkingstoename: meer mensen hebben meer voedsel, energie en grondstoffen nodig
  - manier van leven: consumptie, industrie, apparaten en vervoer
- De mens kan het milieu aantasten door:
  - stoffen uit het milieu te halen; dit leidt tot uitputting (bijv. grondstoffen)
  - stoffen aan het milieu toe te voegen; dit leidt tot vervuiling (bijv. afvalstoffen)
- Uitputting: van energie, van grondstoffen, van landbouwgrond.
  - Fossiele brandstoffen en grondstoffen raken op.
  - Monocultuur: een grote akker waarop maar één soort gewas wordt verbouwd.
- Vervuiling: luchtvervuiling, bodemvervuiling, watervervuiling, bijv.:
  - stikstof uit mest in de lucht
  - giftige stoffen uit de industrie in de bodem
  - zware metalen in het grondwater

11 Je kunt enkele oorzaken en gevolgen van klimaatverandering beschrijven.

- Versterkt broeikaseffect: doordat er meer broeikasgassen aan de dampkring worden afgegeven, warmt de aarde op.
  - De belangrijkste broeikasgassen zijn koolstofdioxide en waterdamp.
  - Oorzaken zijn o.a. fossiele brandstoffen, veeteelt en ontbossing.
- Klimaatverandering door de opwarming van de aarde.
  - oorzaak: het versterkte broeikaseffect
  - gevolgen: o.a. extreem weer, overstromingen, droogte, stijging van de zeespiegel, verzilting, verstoring van het biologisch evenwicht in ecosystemen
- Veranderingen in de natuur: de biodiversiteit neemt af.
  - Tot een miljoen soorten wordt met uitsterven bedreigd.

BASIS 6

DUURZAAMHEID

12 Je kunt de ecologische voetafdruk van Nederland vergelijken met die van andere landen en de verschillen uitleggen.

- Ecologische voetafdruk: hoeveel aarde nodig is voor jouw voedsel, energie, grondstoffen en afval.
  - Hoe groot je voetafdruk is, hangt af van je leefstijl en consumptie.
  - Per persoon is op aarde 1,7 ha beschikbaar (1 ha = 100 × 100 m).
  - De voetafdruk van mensen op aarde is gemiddeld 2,6 ha.
  - De voetafdruk van mensen in Nederland is gemiddeld 6,3 ha.

13 Je kunt uitleggen wat duurzaamheid is.

- Duurzaamheid:
  - niet meer stoffen uit het milieu halen dan het milieu kan aanvullen
  - niet meer stoffen toevoegen aan het milieu dan het milieu kan verwerken
- Duurzame ontwikkeling: gebruiken wat we nodig hebben, én de aarde in dezelfde staat doorgeven aan toekomstige generaties.

14 Je kunt aangeven wat duurzame oplossingen voor milieuproblemen in Nederland kunnen zijn.

- Duurzame energie: de energiebron raakt niet op en veroorzaakt geen of minder milieuvervuiling.
  - biomassa: als brandstof om elektriciteit op te wekken, als grondstof voor biobrandstof
  - elektriciteit uit windenergie, zonne-energie en bodemwarmte
- Duurzame landbouw:
  - biologische landbouw: geen monoculturen, geen kunstmest, geen chemische gewasbeschermingsmiddelen
  - stadslandbouw: voedsel produceren in de stad (naast, in of op gebouwen)
  - verticale landbouw: planten in bakken boven elkaar met (gekleurd) ledlicht
  - precisielandbouw: met behulp van technologie de opbrengst vergroten
- Minder vervuiling: door maatregelen van de Nederlandse regering en de Europese Unie.
- Minder broeikasgassen: minder energie uit fossiele brandstoffen gebruiken, bijv. elektrische auto's en scooters, isolatie, zuinige apparaten.

EXTRA 7

ENERGIESTROOM IN EEN ECOSYSTEEM

15 Je kunt de energiestroom in een ecosysteem beschrijven.

- De energiestroom in een ecosysteem: in elke schakel van een voedselketen verdwijnt energie uit de voedselketen.
  - Sommige individuen sterven zonder dat ze worden gegeten door individuen van de volgende schakel.
  - Van de individuen die wel worden gegeten, wordt een deel niet verteerd. Dit deel komt in de uitwerpselen terecht.
  - Van de stoffen die wel worden verteerd, wordt een deel verbruikt als brandstoffen. Bij de verbranding hiervan komt energie vrij, meestal in de vorm van warmte of beweging.
  - Het overgebleven deel kan worden gebruikt als bouwstoffen. Dit deel kan als voedsel dienen voor de volgende schakel van de voedselketen.

EXTRA 8

VOEDSELPRODUCTIE

16 Je kunt de landbouw in Nederland beschrijven.

- Voedingsgewassen: planten die in de akkerbouw en tuinbouw worden verbouwd.
- Landbouwhuisdieren: dieren die in de veeteelt worden gehouden.
- Opbrengst van voedingsgewassen en landbouwhuisdieren vergroten:
  - de bodem bemesten en bewerken
  - de gewassen beschermen tegen ziekten en plagen
  - landbouwhuisdieren speciaal voer geven
  - landbouwhuisdieren beschermen tegen ziekten
  - planten of dieren kruisen, fokken of gebruikmaken van technieken uit de biotechnologie
- Akkerbouw:
  - Omvat grote bedrijven met veel grond.
  - De voedingsgewassen worden verbouwd in monoculturen.
  - Voordeel van monoculturen: er kunnen grote machines worden gebruikt.
  - Nadelen van monoculturen: er is een grote kans op insectenplagen en ziekten van de gewassen en de bodem raakt snel uitgeput.
- Gewasbescherming: planten beschermen tegen ziekten en (insecten)plagen.
  - Chemische gewasbeschermingsmiddelen: biociden.
  - Biociden zijn vaak niet-selectief (doden ook nuttige organismen).
  - Organismen kunnen resistent worden tegen biociden.
  - Biociden kunnen in de voedselketen terechtkomen, waarbij accumulatie optreedt.
  - Biologische gewasbescherming, bijv. met natuurlijke vijanden.
- Kenmerken van de biologische landbouw.
  - Er zijn geen monoculturen.
  - Er wordt geen kunstmest gebruikt.
  - Er worden geen chemische gewasbeschermingsmiddelen gebruikt.
  - Er wordt vruchtwisseling toegepast.
  - Dieren hebben de ruimte om los te lopen (scharrelen).

ONDERZOEK

LEREN ONDERZOEKEN & PRACTICA

17 Je kunt een beschrijvend onderzoek uitvoeren.

18 Je kunt een bodemprofiel maken.

Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

Zorgen voor

In dit project ga je een eigen onderzoek bedenken, voorbereiden, uitvoeren en presenteren. Het project duurt ongeveer vier lesuren. Je werkt samen in een groepje van drie. Ook buiten de lesuren werk je aan het project.

Verduurzamen van de school

DOEL VAN JE ONDERZOEK

Het doel van je onderzoek is een bijdrage leveren aan het verduurzamen van je school. Je kiest een van de volgende vier thema's:

- afval en recyclen
- biodiversiteit rond de school
- duurzame energie op school
- duurzame voeding

Je onderzoekt hoe duurzaam (of niet duurzaam) jouw school al is. Je kunt bijvoorbeeld een literatuuronderzoek doen naar groene energie voor scholen, maar je kunt ook de biodiversiteit op jouw schoolplein in kaart brengen. Of je onderzoekt wat er gebeurt met het afval van de kantine. Bedenk het maar! Je sluit je onderzoek af met enkele adviezen aan de schoolleiding: wat kan de leiding doen om jouw school (nog) duurzamer te maken?

UITVOERING

Hiernaast staan de onderzoeksvaardigheden die je hebt geleerd. Pas minimaal tien van deze vaardigheden toe tijdens het project. Houd ook bij welke vaardigheden je gebruikt.

- Kies een van de vier thema's waarbinnen jullie het onderzoek willen doen.
- Bedenk wat jullie willen onderzoeken. Bedenk samen ook welk type onderzoek jullie daarvoor willen gebruiken. Overleg met de docent of jullie idee haalbaar is.
- Bereid het onderzoek voor op de manier zoals jullie hebben geleerd. Laat de docent de voorbereiding controleren.
- Voer het onderzoek uit volgens de stappen die jullie hebben geleerd.
- Presenteer jullie onderzoek. Geef hierin jullie adviezen aan de schoolleiding. De docent bepaalt of het onderzoek schriftelijk of mondeling wordt gepresenteerd.

de toekomst

ONDERZOEKSVAARDIGHEDEN

Algemeen

1 Je kent verschillende typen natuurwetenschappelijk onderzoek.
2 Je kunt de stappen van een natuurwetenschappelijk onderzoek beschrijven.
3 Je kunt bepalen welk type onderzoek het meest geschikt is.
4 Je kunt een literatuuronderzoek uitvoeren.
5 Je kunt een beschrijvend onderzoek uitvoeren.

Onderzoek

6 Je kunt (met hulp) het doel van een onderzoek formuleren.
7 Je kunt (met hulp) een onderzoeksvraag formuleren.
8 Je kunt een hypothese formuleren.
9 Je kunt (met hulp) een werkplan maken voor een onderzoek.
10 Je kunt een onderzoek uitvoeren volgens een werkplan.
11 Je kunt nauwkeurig metingen uitvoeren.

Resultaten en conclusie

12 Je kunt beoordelen welk type diagram geschikt is om je resultaten weer te geven.
13 Je kunt je resultaten weergeven in een staafdiagram, een lijndiagram of een cirkeldiagram.
14 Je kunt resultaten (digitaal) verwerken in een tabel of een grafiek.
15 Je kunt een of meer conclusies trekken die antwoord geven op de onderzoeksvraag.
16 Je kunt de hypothese beoordelen door deze met de conclusie te vergelijken.
17 Je kunt beoordelen of de resultaten betrouwbaar zijn.

Presentatie

18 Je kunt een onderzoek mondeling presenteren.
19 Je kunt een onderzoek schriftelijk presenteren.

Register

20-wekenecho 66

A

aanranding 43
abiotische factoren 192
abortus 52
accumulatie 197
afvaleters 205
aids 54
albino 122
allel 120
allelenpaar 120
anticonceptiemiddelen 49
anticonceptiepil 51
anticonceptiepleister 75
anticonceptiestaafje 75
aseksueel 40
autotroof 207

B

baarmoeder 18
balzak 30
base 119
basenpaar 119
bedreigd 229
bevalling 78
bevruchting 61
bijballen 31
binnenste schaamlippen 19
biociden 266
biodiversiteit 229
biologisch afbreekbaar 210
biologisch evenwicht 218
biologische gewasbescherming 267
biologische landbouw 252
biomassa 195, 249
bioom 194
biosfeer 194
biotechnologie 154
biotische factoren 192
biotoop 194
biseksueel 40
blauwalg 240
bodemprofiel 276
bodemvervuiling 239
bosbouw 228
broeikaseffect 239
broeikasgassen 239
buitenste schaamlippen 19

C

celdeling 102
chemische gewasbescherming 239
chlamydia 53
chromosomen 102
clitoris 19
clitoriseikel 19
clitorishoed 19
coïtus interruptus 50
combinatietest 65
commensalisme 220
concurrentie 219
condoom 50
consumenten 205
consumenten van de eerste orde 205
consumenten van de tweede orde 205
crispr-cas 155
cultuurlandschap 228

D

DNA 102
DNA-sequentie 128
DNA-test 158
dochtercel 102
dominant allel 168
duurzaamheid 249
duurzame energie 249
duurzame ontwikkeling 249
dwarsligging 79

E

echo 65
ecologie 192
ecologische voetafdruk 248
ecosysteem 194
eDNA 158
eicel 18
eierstok 18
eikel 31
eileider 18
eisprong 18
eiwitsynthese 129
eiwitten 120, 209
embryo 64
energierijke stof 262
energiestroom 262
erectie 32
evolutie 134
evolutietheorie 134

F

fenotype 104
foetus 64
follikel 18
fossiele brandstof 238
fossiel 143

G

gastheer 220
geboorteregeling 49
geestelijke veranderingen 10
gele lichaam 18
gemuteerd 121
gen 103
gender 41
genderdysforie 41
gene editing 155
genetische modificatie 154
genexpressie 103
genomics 157
genotype 103
gentherapie 156
genvariant 120
geologische tijdschaal 144
geslacht 8, 41
geslachtscellen 112
geslachtschromosomen 111
geslachtsgemeenschap 33
geslachtskenmerken 8
geslachtsziekten 53
giftig 197
grenzen 42
grondstoffen 238

H

hergebruik 250
herintroductie 230
heteroseksueel 40
heterotroof 207
heterozygoot 121
hiv 54
hiv-remmers 54
homoseksueel 40
homozygoot 121
hormonen 22
hormoonspiraaltje 76
hypofyse 22

I

incest ... 43
individu ... 193
innesteling ... 63
intersekse ... 8
intimiteit ... 40
isolatie ... 136

K

kanker ... 130
keizersnede ... 79
klaarkomen ... 39
klimaatverandering ... 240
koperspiraaltje ... 76
kringloop ... 206
kringlooplandbouw ... 251
kunstmest ... 266
kwaadaardig ... 130

L

landbouw ... 228, 265
landbouwhuisdieren ... 265
lesbisch ... 40
levensgemeenschap ... 194
lichaamscellen ... 102
lichamelijke veranderingen ... 9
loverboy ... 43
luchtvervuiling ... 238
lustbeleving ... 39

M

maagdenvlies ... 20
maandverband ... 21
masturbatie ... 39
meiose ... 112
menstruatie ... 20
menstruatiecup ... 21
menstruatiecyclus ... 22
milieu ... 192
milieuproblemen ... 238
mineralen ... 238
moederkoek ... 64
monocultuur ... 238
morning-afterpil ... 52
mutagene invloeden ... 122
mutant ... 122
mutatie ... 121
mutualisme ... 220

N

nageboorte ... 79
natuurbeheer ... 230
natuurlijke selectie ... 135
natuurlijke vijanden ... 267
navel ... 79
navelstreng ... 64
niche ... 220
niet-biologisch afbreekbaar afval ... 210
niet-selectieve gewasbescherming ... 266
NIPT ... 66
niveau ... 193
NuvaRing ... 75

O

oestrogenen ... 22
onderbroken geslachtsgemeenschap 50
ongesteld zijn ... 20
ongewenste intimiteiten ... 43
ontsluiting ... 78
optimale omstandigheden ... 218
optimumkromme ... 219
organische mest ... 266
orgasme ... 39
overgang ... 22
overlevingskans ... 135
overtijd ... 52
ovulatie ... 18

P

paarvorming ... 220
panseksueel ... 40
parasiet ... 220
parasitisme ... 220
paren ... 110
penis ... 31
periodieke onthouding ... 50
persweeën ... 78
pil ... 51
piramide van aantallen ... 196
piramide van biomassa ... 196
placenta ... 64
plasticsoep ... 210
populatie ... 193
populatiegrootte ... 218
porno ... 40
pornografie ... 40
precisielandbouw ... 251
prenataal onderzoek ... 65
pretecho ... 66
prikpil ... 75
primaire geslachtskenmerken ... 8
producenten ... 205
prostaat ... 31
puberteit ... 8

R

rangorde ... 220
recessief allel ... 168
recombinant-DNA-technieken ... 154
recycling ... 250
reducenten ... 205
resistent ... 266
RNA ... 129
rudimentaire organen ... 146
rudimenten ... 146

S

samenwerking ... 219
schakel ... 195
secundaire geslachtskenmerken ... 9
sedimenten ... 143
sekse ... 8
seksualiteit ... 39
seksueel geweld ... 43
seksueel grensoverschrijdend gedrag ... 43
seksueel overdraagbare aandoeningen ... 53
seropositief ... 54
soa ... 53
soa-test ... 53
sperma ... 31
spermacellen ... 30
spiraaltje ... 76
spontane (erfelijke) mutatie ... 129
stadslandbouw ... 251
sterilisatie ... 76
stijging van de zeespiegel ... 241
stikstof ... 238
stikstofzouten ... 208
strooisel ... 277
stuitligging ... 79
symbiose ... 220
synthetische biologie ... 158

T

tampon ... 21
teelballen ... 30
territorium ... 220
testosteron ... 31
transcriptie ... 129
transgeen ... 154
transgender ... 41
trofisch niveau ... 262
tumor ... 130

U

uitdrijving 78
uitputting 238
uitsterven 229
uitzaaiing 130
uterus 18

V

vagina 19
varianten van een gen 111
variatie in genotypen 112
verkrachting 43
versterkt broeikaseffect 240
verticale landbouw 251
vervuiling 238
verwantschap 146
verzilting 241
voedingsgewassen 265
voedselketen 195
voedselnet 195
voedselweb 195
voorbehoedsmiddelen 40
voorhuid 31
voortplanting 40
vrouwencondoom 76
vruchtvliezen 64
vruchtwater 64
vruchtwisseling 268
vulva 19

W

watervervuiling 239
weeën 78
wensen 42

Z

zaadblaasjes 31
zaadcellen 30
zaadleiders 31
zaadlozing 33
zelfbevrediging 39
zweepstaart 33
zwellichamen 19, 32

Colofon

ONTWERP BINNENWERK

Pointer grafische vormgeving
Crius Group

ONTWERP OMSLAG

Studio Struis

UITVOERING BINNENWERK

Crius Group

EINDREDACTIE

Tom Tahey

AUTEURS

Daniël van Draanen
Marianne Gommers
Arthur Jansen
Judith Korhorn
Rob Melchers
Hans Rawee

MET MEDEWERKING VAN

Arteunis Bos
Onno Kalverda

BUREAUREDACTIE

Ivonne Hermens

BEELDRESEARCH

B en U International Picture Service, Amsterdam

FOTO'S EN ILLUSTRATIES

123RF, Baurzhan Moldabekov: blz. 215 (10); 123RF, Daniel Vincek: blz. 134 (1.2); 123RF, dolgachov: blz. 45; 123RF, Eric Isselee: blz. 134 (1.1, 1.3); 123RF, Hongqi Zhang: blz. 113 (6), 170; 123RF, Iakov Filimonov: blz. 170; 123RF, kostudio: blz. 113 (6); 123RF, Leung Cho Pan: blz. 113 (6); 123RF, nyul: blz. 113 (6); 123RF, piksel: blz. 103; 123RF, Robert Eastman: blz. 134 (1.4); 123RF, Serhiy Kobyakov: blz. 102 (2); 123RF, Suzanne Tucker: blz. 113 (6); 123RF, szefei: blz. 113 (6); 123RF, Thanawat Wongsuwannathorn: blz. 123; 123RF, videowokart: blz. 134 (1.5); 123RF, wrangel: blz. 138 (8.2); ANP Foto, Den Haag, Arno Massee / Science Photo Library: blz. 113 (7); ANP Foto, Den Haag, CSIC / EPA: blz. 216 (13); ANP Foto, Den Haag, Dennis Kunkel Microscopy / Science Photo Library: blz. 19, 33 (6); ANP Foto, Den Haag, Doug Menke / University of Georgia: blz. 166; ANP Foto, Den Haag, Dr Morley Read / Science Photo Library: blz. 221 (6.3); ANP Foto, Den Haag, Dr. G. Moscoso / Science Photo Library: blz. 65 (7.2); ANP Foto, Den Haag, Edelmann / Science Photo Library: blz. 65 (7.1, 7.3); ANP Foto, Den Haag, Eye of science / Science Photo Library: blz. 33 (7), 220 (5); ANP Foto, Den Haag, Gary Parker / Science Photo Library: blz. 91; ANP Foto, Den Haag, Harm Meter / WFA: blz. 122 (7); ANP Foto, Den Haag, Javier Larrea: blz. 122 (7); ANP Foto, Den Haag, Koen Suyk: blz. 252 (4.2), 265 (1.1); ANP Foto, Den Haag, L. Williatt, East Anglian Regional Geneticsservice / Science Photo Library: blz. 110, 111 (2); ANP Foto, Den Haag, Mischa Schoemaker: blz. 46 (9.2); ANP Foto, Den Haag, Neil Bromhall / Science Photo Library: blz. 65 (7.4); ANP Foto, Den Haag, Nils van Houts: blz. 250 (2.1); ANP Foto, Den Haag, Power and Syred / Science Photo Library: blz. 102 (1.2); ANP Foto, Den Haag, Professor Woo Suk Hwang / AP: blz. 127; ANP Foto, Den Haag, Ruud Knol / KINA: blz. 234; ANP Foto, Den Haag, Science Photo Library: blz. 129 (3), 140 (10); Bas Teunis Zoological Illustrations, Sinderen: blz. 140 (11.2, 11.3), 146, 147 (6.1), 153 (14); Bas van der Schot, Amsterdam: blz. 255; COC Nederland, Amsterdam: blz. 41; Corbis via Getty Images: blz. 108 (8); Corina van Riel, Shutterstock: blz. 150; Diomedia, Yorgos Nikas: blz. 63 (4.1); Dreamstime: blz. 83 (2.2); Ecofemme / Cute Cotton: blz. 27; Educontent, Onno Kalverda: blz. 61; Erik Eshuis Infographics, Groningen: blz. 10, 12, 14, 17 (2), 18 (4), 20 (7), 21 (10.3), 23 (14), 25 (A-C), 29, 31, 36, 56, 60, 62, 69 (12, 13), 81 (6), 83 (1), 84, 85, 86 (4.2), 87, 88, 104 (4.4-4.6), 105, 106 (7), 114 (9), 116 (12), 119 (2), 133, 137, 138 (7), 148 (8), 149, 151 (11), 152, 156 (2.1), 159, 162, 175, 194 (3), 195 (6), 196 (8), 197 (9), 198, 202, 204, 208, 209, 212, 213, 214, 215 (10), 216 (11), 217, 218, 219 (2), 221 (7), 223, 227, 229, 237 (1), 242 (9), 243, 244, 248, 260, 263, 264, 270, 273 (3), 280, 281, 284 (t1), 288, 289; Examen HAVO: blz. 215 (9); Flood Maps - Firetree.net, ©2005, Alex Tingle: blz. 241 (7.1); FLPA / Nature in Stock, Hillegom, Nigel Cattlin: blz. 269 (6.2); Fotografie Marijn Olislagers, 's-Hertogenbosch: blz. 57 (14.2, 14.4, 14.6); Getty Images, Justin Lambert / Digital Vision: blz. 6-7; Getty Images, Mario Castello: blz. 124; Getty Images, Paul Oomen: blz. 250 (2.2); Getty Images, Wally Eberhart: blz. 276; Getty Images, Westend61: blz. 100-101; Getty Images: blz. 37 (10); Hans Oostrum Fotografie, Den Haag: blz. 17 (1), 30 (1); Henk van der Vrande: blz. 18 (3, 5), 49 (2), 113 (5), 173, 267 (4); Hollandse Hoogte, Den Haag, Co de Kruijf: blz. 265 (1.3); Hollandse Hoogte, Den Haag, Herman Engbers: blz. 153 (13); Hollandse Hoogte, Den Haag, Michiel Wijnbergh: blz. 240 (6); Hollandse Hoogte, Den Haag, Patrick Harderwijk: blz. 46 (9.1); Hollandse Hoogte, Den Haag, Roger Dohmen: blz. 81 (5); Hollandse Hoogte, Den Haag, Thomas Schlijper: blz. 53 (9.1); Imageselect, Wassenaar, BSIP SA / Alamy: blz. 8; Imageselect, Wassenaar, Design Pics Inc / Alamy: blz. 169 (2.2); Imageselect, Wassenaar, Friedrich Stark / Alamy: blz. 122 (6.2); Imageselect, Wassenaar, Imagebroker / Alamy: blz. 122 (7); Imageselect, Wassenaar, Jim West / Alamy: blz. 241 (7.2); Imageselect, Wassenaar, Ken Griffiths / Alamy Stock Photo: blz. 165; Imageselect, Wassenaar, Martin Shields / Alamy: blz. 171; Imageselect, Wassenaar, Nature Picture Library / Alamy Stock Photo: blz. 259; Imageselect,

Wassenaar, nobleIMAGES / Alamy Stock Photo: blz. 72; Imageselect, Wassenaar: blz. 75 (2.1); Isagani Serrano / CPS: blz. 155 (1.4); Jacob van den Borne, Reusel: blz. 251 (3.2); Karoline Krabbe: blz. 257; Malmberg, Bas Teunis Zoological Illustrations, Sinderen: blz. 192, 194 (4), 196 (7), 206 (2); Malmberg, Erik Eshuis Infographics, Groningen: blz. 45, 55 (10), 68, 102 (2), 127; Malmberg, Henk van der Vrande: blz. 30 (2), 76 (5.2); Malmberg, Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam: blz. 50 (3), 51 (5, 7); Malmberg, Voermans van Bree Fotografie, Arnhem: blz. 51 (6); Medical Visuals Maartje Kunen: blz. 9, 82, 124, 125, 147 (6.2, 6.3), 170; Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam: blz. 59, 157, 273 (2), 278, 283, 284 (6); Milieucentraal: blz. 252 (4.1); naar: Compendium voor de Leefomgeving: blz. 230; naar: Compendium voor de Leefomgeving https://www.clo.nl/indicatoren/nl0060-bodemgebruik-in-nederland: blz. 233 (7); Nationale Beeldbank, Den Haag, Wierink Imaging: blz. 201; Picture-Alliance / Photoshot: blz. 106 (6); Shutterstock, Adam Ke: blz. 235; Shutterstock, Aerovista Luchtfotografie: blz. 193; Shutterstock, Alexandros Michailidis: blz. 242 (8.2); Shutterstock, Alexmalexra: blz. 21 (9); Shutterstock, Als een Rode Lap - Elco: blz. 231 (6.4); Shutterstock, Andre Nantel: blz. 158; Shutterstock, Andreas Wolochow: blz. 143 (1.2); Shutterstock, Ann in the uk: blz. 169 (3); Shutterstock, Anton Havelaar: blz. 265 (1.2); Shutterstock, Antonio Jorge Nunes: blz. 170; Shutterstock, Argentarius: blz. 139; Shutterstock, Art Babych: blz. 138 (8.1); Shutterstock, Belish: blz. 68; Shutterstock, Ben Gingell: blz. 242 (8.1); Shutterstock, Bildagentur Zoonar GmbH: blz. 135 (3.2), 226; Shutterstock, Burlingham: blz. 11 (5.1); Shutterstock, Butterfly Hunter: blz. 148 (7.3); Shutterstock, Caftor: blz. 42; Shutterstock, ChameleonsEye: blz. 38; Shutterstock, CP DC Press: blz. 28; Shutterstock, crbellette: blz. 135 (4); Shutterstock, Dana E. Fry: blz. 124; Shutterstock, Daniel Rose: blz. 236; Shutterstock, Daryl Finn: blz. 126; Shutterstock, DM7: blz. 145 (4); Shutterstock, DutchScenery: blz. 238; Shutterstock, East: blz. 155 (1.2); Shutterstock, Elena Dijour: blz. 134 (2.1); Shutterstock, Elle Arden Images: blz. 145 (4); Shutterstock, Emilio100: blz. 221 (6.2); Shutterstock, Eric Isselee: blz. 148 (7.1, 7.4), 181; Shutterstock, ESB Professional: blz. 40 (2); Shutterstock, flaviano fabrizi: blz. 224 (11); Shutterstock, Fortgens Photography: blz. 237 (2.1); Shutterstock, Foto Mous: blz. 122 (6.3); Shutterstock, Fotos593: blz. 76 (3); Shutterstock, frank60: blz. 164; Shutterstock, Gio.tto: blz. 128; Shutterstock, giocalde: blz. 258; Shutterstock, h2ojs: blz. 52; Shutterstock, Hans Gert Broeder: blz. 224 (10); Shutterstock, happymay: blz. 190-191; Shutterstock, Hayati Kayhan: blz. 118; Shutterstock, hjochen: blz. 37 (11); Shutterstock, I Capture It: blz. 228 (3); Shutterstock, Image Point Fr: blz. 75 (2.2); Shutterstock, images72: blz. 134 (2.2); Shutterstock, Iren_Geo: blz. 68; Shutterstock, Irene Libano: blz. 155 (1.1); Shutterstock, Jaap Posthumus: blz. 266; Shutterstock, Jacob Lund: blz. 11 (5.2); Shutterstock, Jeanette Dietl: blz. 168; Shutterstock, Jez Bennett: blz. 219 (3); Shutterstock, Josep Curto: blz. 210 (6.1); Shutterstock, JPC-PROD: blz. 76 (4.1); Shutterstock, Jstone: blz. 46 (9.3, 9.4); Shutterstock, Kaentian Street: blz. 239 (4.1); Shutterstock, kamomeem: blz. 239 (4.3); Shutterstock, Kanittha Boon: blz. 210 (7.2); Shutterstock, Karl Nesh: blz. 53 (9.2); Shutterstock, kipgodi: blz. 11 (5.3); Shutterstock, Koy_Hipster: blz. 50 (4.1); Shutterstock, koya979: blz. 68; Shutterstock, lauramntg: blz. 76 (4.2); Shutterstock, Lucia L: blz. 269 (6.1); Shutterstock, Marina Lohrbach: blz. 240 (5); Shutterstock, Mark Brandon: blz. 134 (2.3), 143 (1.3); Shutterstock, Martin Pelanek: blz. 135 (3.3); Shutterstock, Max Topchii: blz. 168; Shutterstock, Melinda Fawver: blz. 220 (5); Shutterstock, Merlin74: blz. 143 (1.1); Shutterstock, Michael Potter11: blz. 216 (12); Shutterstock, Mikadun: blz. 239 (4.2); Shutterstock, MJTH: blz. 40 (1); Shutterstock, Monkey Business Images: blz. 114 (8); Shutterstock, muhd fuad abd rahim: blz. 109; Shutterstock, Nejron Photo: blz. 71; Shutterstock, nelik: blz. 181; Shutterstock, Nemeziya: blz. 247; Shutterstock, Nick Stubbs: blz. 86 (4.1); Shutterstock, Only background: blz. 13 (8); Shutterstock, Ostill is Franck Camhi: blz. 121 (4); Shutterstock, PARALAXIS: blz. 256; Shutterstock, Peangdao: blz. 129 (4); Shutterstock, PhotoSky: blz. 228 (2); Shutterstock, pikselstock: blz. 119 (1); Shutterstock, Qvist2000: blz. 13 (7); Shutterstock, Ralf Juergen Kraft: blz. 145 (4); Shutterstock, Randy van Domselaar: blz. 203; Shutterstock, Ray Hennessy: blz. 135 (3.1); Shutterstock, Rich Carey: blz. 210 (7.1); Shutterstock, Robert Kneschke: blz. 121 (4); Shutterstock, Rocketclips, Inc.: blz. 57 (14.3); Shutterstock, Rudmer Zwerver: blz. 181; Shutterstock, Ruud Morijn Photographer: blz. 169 (2.1), 231 (6.1); Shutterstock, Sander Groffen: blz. 140 (11.1); Shutterstock, Scharfsinn: blz. 245; Shutterstock, science photo: blz. 129 (2); Shutterstock, Sergei25: blz. 220 (4); Shutterstock, Serhii Shcherbyna: blz. 136; Shutterstock, sichkarenko.com: blz. 122 (6.1); Shutterstock, slyellow: blz. 83 (3); Shutterstock, Steve Byland: blz. 142; Shutterstock, Sunny_baby: blz. 116 (11); Shutterstock, Suzanne Tucker: blz. 66 (8.1); Shutterstock, SV34D: blz. 231 (6.2); Shutterstock, Sven Hoppe: blz. 49 (1); Shutterstock, Thunderstock: blz. 55 (10); Shutterstock, Thy: blz. 155 (1.3); Shutterstock, Tomasz Klejdysz: blz. 221 (6.1); Shutterstock, travelcamera: blz. 210 (6.2); Shutterstock, Vanatchanan: blz. 15; Shutterstock, vchal: blz. 156 (2.2); Shutterstock, Vincenzo De Bernardo: blz. 168; Shutterstock, WAYHOME studio: blz. 57 (14.1, 14.5); Shutterstock, whitetherock photo: blz. 66 (8.2); Shutterstock, Wim d'Hooge: blz. 233 (8); Shutterstock, Yein Jeon: blz. 251 (3.1); Shutterstock, Yok_onepiece: blz. 108 (9); Shutterstock, Ysbrand Cosijn: blz. 231 (6.3); Shutterstock, yuda chen: blz. 148 (7.2); Shutterstock, zlikovec: blz. 237 (2.2); Shutterstock, Zurijeta: blz. 121 (4); Shutterstock, Zvereva Yana: blz. 104 (4.1-4.3); Shutterstock: blz. 170, 193, 252 (4.1); Skal Bio Controle, Zwolle, Dierenbescherming, Den Haag, Stichting Demeter, Driebergen, Stichting Max Havelaar, Utrecht, Stichting EKO-keurmerk, Ede, Rainforest Alliance, Amsterdam, Aquaculture Stewardship Council, Utrecht, Marine Stewardship Council International, Londen: blz. 253; Thinkstock: blz. 122 (7); Voermans van Bree Fotografie, Arnhem: blz. 43; Wikimedia Commons, Stefan.lefnaer: blz. 141; Wikimedia Commons: blz. 83 (2.1, 2.3); Wim Euverman, Utrecht: blz. 145 (4), 193; www.onuitwisbaar.nu: blz. 48; ZorginBeeld.nl, Frank Muller: blz. 75 (1)

Omslag: Getty Images

ISBN 978 94 020 7281 5
Release 8.1 eerste oplage

MALMBERG

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b Auteurswet 1912 j° het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, St.b. 471, en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp).

Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

© Malmberg, 's-Hertogenbosch

Ondanks vele inspanningen is het de uitgever misschien niet gelukt alle rechthebbenden te achterhalen. Wie denkt rechthebbende te zijn, kan zich wenden tot de uitgever.

MAX

Je mag dit boek houden.
Handig als naslagwerk.

Je mag in dit boek schrijven
en aantekeningen maken.

Je hebt ook toegang tot
de online leeromgeving.

EINDREDACTIE

Tom Tahey

AUTEURS

Daniël van Draanen

Marianne Gommers

Arthur Jansen

Judith Korhorn

Rob Melchers

Hans Rawee

MET MEDEWERKING VAN

Arteunis Bos

Onno Kalverda

Release 8.1

ISBN 978 94 020 7281 5

598766-01

MALMBERG